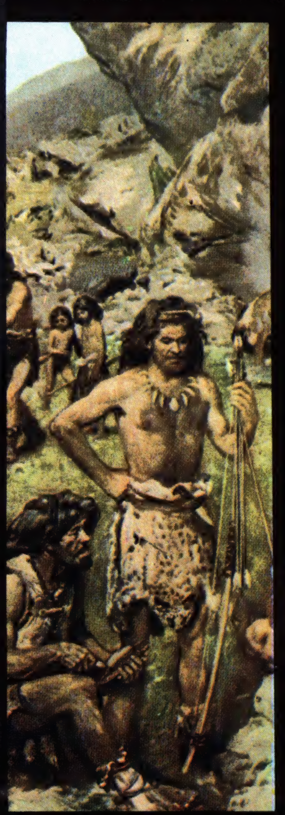
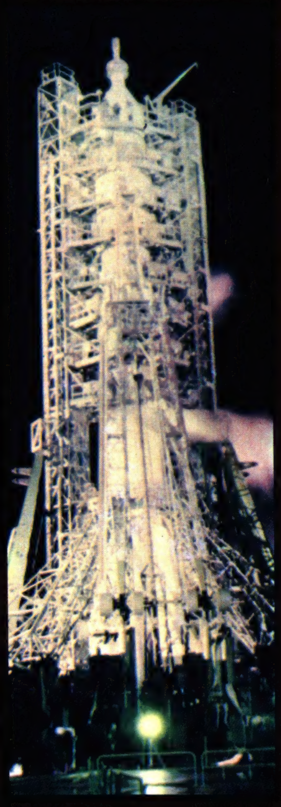
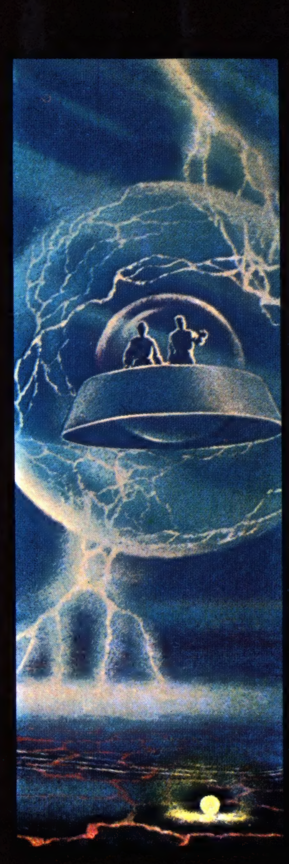
Ф. Ю. ЗИГЕЛЬ

ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ

Ф. Ю. ЗИГЕЛЬ

ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ

(ЕЕ ПРОШЛОЕ
НАСТОЯЩЕЕ,
БУДУЩЕЕ)



ИЗДАТЕЛЬСТВО
«МЫСЛЬ»
МОСКВА
1974

ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ
ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ
ЛИТЕРАТУРЫ

Ответственный редактор
Ю. Г. РЕШЕТОВ

Художник
Г. М. ЧЕХОВСКИЙ



З $\frac{20601\text{-}148}{004\ (01)\text{-}74}$ 164-73



ВСТУПЛЕНИЕ

Самое глубокое проявление
самосознания, когда мыслящий человек
пытается определить свое место
не только на нашей планете,
но и в Космосе.

В. И. Вернадский

Эта книга — о Земле, ее прошлом, настоящем, будущем. И о человечестве, рожденном Землей, но уже вышедшем за ее пределы.

Грядущие судьбы Земли и человечества неразделимы. Подобно тому как в далеком прошлом на безжизненной Земле зародилось «живое вещество», постепенно превратившееся в мощную геологическую силу, последние два миллиона лет наша планета переживает величайшее из природных преобразований. В недрах биосферы формируется ноосфера * — сфера, создаваемая разумом, новая геологическая оболочка планеты.

Впрочем, в отличие от других геосфер, и в частности биосферы, ноосфера имеет тенденцию к неограниченному распространению в космос. Тем самым будущее Земли, по-видимому, определит и будущее по крайней мере ее ближайшего космического окружения.

В этом расширении земного в космос нет ничего неожиданного. Наоборот, в «космизации» Земли и человечества выражается закономерный этап развития материи, продолжение эволюции, когда-то породившей жизнь, а затем и человека.

В предлагаемой вниманию читателя книге речь пойдет прежде всего именно об эволюции, ее главных чертах и успехах, ее возможном ходе в будущем. В эволюционный ряд, естественно, включается и предыстория Земли — те космические процессы, которые привели к возникновению нашей

---

* «Ноос» по-гречески означает «разум».

планеты. С другой стороны, на протяжении всей книги говорится о космических связях Земли, без которых невозможно понять ни ее прошлое, ни настоящее, ни будущее.

Обширность темы при ограниченном объеме книги заставляла автора уделять внимание главному в ущерб деталям. С другой стороны, в книге такого рода неизбежны недомолвки, спорные положения, вызванные сложностью нерешенных проблем и необходимостью оперировать данными из многих отраслей знания.

Автор — сторонник учения академика В. И. Вернадского о ноосфере. В книге показано, что это учение не только утверждается всеми достижениями современного естествознания, но и, по словам В. И. Вернадского, идет в унисон с «идеалами нашей демократии».

Естественно, что создание ноосферы предполагает единую, согласованную и целесообразно направленную, в соответствии с законами природы и развития общества, деятельность человечества, что возможно только в условиях коммунизма. Поэтому тесной связи учения о ноосфере с научным коммунизмом автор уделяет особое внимание.

«Цивилизация культурного человечества,— писал В. И. Вернадский,— поскольку она является формой организации новой геологической силы, создавшейся в биосфере,— не может прерваться и уничтожиться, так как это есть большое природное явление, отвечающее исторически, вернее, геологически сложившейся организованности биосферы» *.

Обоснование этого тезиса и составит предмет дальнейшего повествования. Важно подчеркнуть, что сегодня определяющим фактором исторического оптимизма является неизбежность перехода всего человечества к высшей общественной формации — коммунизму.

Автор выражает глубокую благодарность доктору биологических наук П. А. Коржуеву, кандидату физико-математических наук Л. М. Мухину, доктору геолого-минералогических наук А. И. Перельману, доктору философских наук И. Б. Новику, доктору физико-математических наук В. С. Сафронову, чьи критические замечания способствовали улучшению рукописи. Особенно признателен автор Ю. Г. Решетову, чья помощь в подготовке окончательного варианта книги была очень существенной.

* Цит. по: *И. И. Мочалов.* В. И. Вернадский — человек и мыслитель. М., 1970, стр. 159. Здесь и в дальнейшем используется книга И. И. Мочалова, так как в ней собраны архивные материалы о В. И. Вернадском,

ПРОШЛОЕ

Выводы геологии не менее важны для планетной астрономии, чем выводы этой последней для геологии.

В. И. Вернадский

С ЧЕГО ВСЕ НАЧАЛОСЬ

В начале текущего века Вселенная казалась астрономам поразительно стабильной. Бесчисленное множество звезд в бесконечном пространстве крайне медленно (по земным меркам) совершают свой жизненный путь. Настолько медленно, что Вселенную сравнивали с ландшафтом, освещенным вспышкой молнии,— все при этом кажется застывшим, неизменным.

Редкие вспышки новых звезд не нарушали величия и монументальности этой картины. Такие явления считались не правилом, а редким исключением. Плавный ход эволюции, растянувшейся на миллиарды лет,— вот что казалось характерным и для звезд, и для планет, в том числе и Земли. В жизни космических тел нет никаких катастроф, их продолжительное существование заканчивается естественной смертью. А как иначе назвать истощение всех источников внутренней энергии и превращение космического тела в предельно холодный, несамосветящийся космический труп?

С описанных позиций история Земли представлялась маловажным эпизодом местного значения, в общем никак не связанным со всей Вселенной. Наш крошечный, изолированный в бесконечном космосе мирок считался обреченным на вечный провинциализм. Будущее человечества мыслилось навсегда заключенным в земные рамки. В лучшем случае когда-нибудь в будущем человек посетит ближайшие небесные тела, но эти космические полеты (возможность которых некоторые видные ученые отрицали вплоть до 1957 года) окажутся лишь данью любознательности, а не началом кос-

мической истории человечества. Всякие разговоры о космическом будущем человечества (например, идеи К. Э. Циолковского) расценивались как очевидная нелепость. Вспоминается грустная картинка из «Популярной астрономии» К. Фламмариона: два прижавшихся друг к другу замерзших полутрупа — «последние люди на Земле».

Величие Вселенной и ничтожество человеческого рода — эта старая тема, казалось, находила себе со стороны астрономии полное подтверждение. Новое миропонимание поначалу пришло исподволь. Его революционный облик выявился лишь в последние десятилетия.

В знаменательном 1917 году было обнаружено, что в спектре некоторых туманностей линии смещены к красному концу. В ту пору туманностями именовали небольшие расплывчатые пятна, слабо светящиеся на черном фоне звездного неба.

То, что одним и тем же термином обозначались совсем разные объекты, узнали лишь десятилетие спустя, когда известный американский исследователь звездного мира Эдвин Хаббл с помощью крупнейшего телескопа мира установил, что некоторые из туманностей являются скоплениями звезд. С тех пор туманностями астрономы называют лишь разреженные облака газа и пыли. Для объектов же, «распавшихся» на звезды и оказавшихся в действительности огромными и очень далекими от нас звездными системами, придумали термин «галактики» *.

Постепенно к началу 30-х годов сложилось мнение, что главные вещественные составляющие Вселенной — галактики, каждая из которых в среднем состоит приблизительно из ста миллиардов звезд. Солнце вместе с планетной системой оказалось входящим в нашу Галактику, основную массу звезд которой мы наблюдаем в форме Млечного Пути. Кроме звезд и планет Галактика содержит в себе также значительное количество разреженных газов и космической пыли.

Эти истины, давно уже вошедшие в школьные учебники, сами по себе еще не поколебали убежденности в стабильности Вселенной. Но когда в 1929 году Хабблом была составлена сводка всех известных к тому времени данных по «красному смещению» в спектрах галактик, результат получился неожиданным. За исключением знаменитой туманности Андромеды и двух других ближайших звездных си-

* От греческого слова «галаксис» — молоко; согласно древнегреческому мифу, туманная светящаяся полоса, пересекающая наше небо,— Млечный Путь — это молоко, излившееся из груди богини Геры.— *Прим. ред.*

стем, в спектрах остальных галактик спектральные линии были смещены к красному концу тем больше, чем дальше от нас находятся галактики. Говоря точнее, величина красного смещения оказалась пропорциональной расстоянию до источника излучения — такова строгая формулировка неожиданно открытого закона Хаббла.

Если приписать «красное смещение» хорошо известному физикам принципу Допплера *, получается, что все галактики с огромными скоростями (в сотни, тысячи и десятки тысяч километров в секунду) разлетаются прочь от Земли. Позднее выяснилось, что расширяется вся система галактик, или Метагалактика.

Этот вывод казался поначалу явно ошибочным. Рушились сложившиеся веками представления о спокойной, стабильной Вселенной, а главное, был непонятен физический механизм, заставляющий галактики разбегаться друг от друга. К этим сомнениям научного характера примешивались и возражения чисто философские.

К началу 30-х годов широкую популярность приобрела теория конечной, замкнутой Вселенной, разработанная Альбертом Эйнштейном. При некоторых упрощающих предположениях о структуре Вселенной и использовании теории относительности можно доказать, что вследствие действия гравитации трехмерное космическое пространство должно быть замкнутым, конечным, хотя и безграничным, как поверхность шара. Это, правда, только аналогия, не больше. Если Вселенную и можно назвать шаром, то шаром четырехмерным, не поддающимся наглядному представлению. В сферическом замкнутом космосе Эйнштейна количество галактик хотя и очень велико, но все же конечно. Значит, конечна и масса такой замкнутой Вселенной, как конечны ее объем и радиус.

В 1922 году советский математик А. А. Фридман уточнил схему мира, нарисованную Эйнштейном. Он доказал, что замкнутая Вселенная Эйнштейна нестабильна. Она неизбежно должна расширяться: радиус конечной Вселенной должен расти, а вместе с ним будут увеличиваться и расстояния между космическими объектами. Расширяющееся пространство замкнутой Вселенной как бы разрежает находящееся внутри нее вещество. Иначе говоря, модель «расширяющейся Вселенной» была создана еще до того, как расшире-

* Принцип Допплера: в спектре источника, приближающегося к наблюдателю, линии смещены к фиолетовому концу спектра, в спектре удаляющегося источника — к красному.

ние всей известной системы галактик стало наблюдаемым фактом.

Но именно этот факт и казался философски неприемлемым. В самом деле, если Вселенная — четырехмерный шар, то этот шар, вероятно, погружен в какое-то четырехмерное пространство. Но «четвертое измерение» долгое время ассоциировалось со всякой мистикой. Оно было излюбленной темой всевозможных спиритов, пытавшихся с помощью «четвертого измерения» объяснить разные «чудеса». Реальная же многовековая практика человечества совершалась и совершается в трехмерном пространстве. Отсюда и сложилось убеждение, что реально лишь пространство трех измерений, а многомерные пространства не более чем удобная в ряде случаев математическая фикция.

Психологически очень трудно было отказаться не только от бесконечной в евклидовом пространстве Вселенной, но и от ее вечности. Такую привычную для сознания вечность теория расширяющейся Вселенной явно не гарантировала. Если экстраполировать процесс расширения в прошлое, полагая, что при этом сохраняется закон Хаббла, легко подсчитать, что около 13 млрд. лет назад объем Вселенной был близок к нулю. Иначе говоря, «всего» 13 млрд. лет назад Вселенная представляла собой очень небольшой по объему, но зато сверхплотный сгусток вещества и энергии.

Надо заметить, что «возраст» Вселенной, то есть промежуток времени, протекший от начала ее расширения до наших дней, по ряду причин определен не вполне точно. Возможно, этот возраст измеряется 18—20 млрд. лет (оценка американского астронома Сэндиджа) или даже бо́льшим сроком. Важно другое: когда-то Вселенная была крошечной и сверхплотной. Взрыв этого сгустка по неизвестным причинам и положил начало расширению Вселенной. Если же расширение Вселенной будет длиться вечно, миру грозит «растворение в ничто».

Все это казалось явно абсурдным, противоречащим материалистическим представлениям о мире. Не случайно буржуазные идеалисты тотчас ухватились за экстравагантную теорию расширяющейся Вселенной и объявили ее «первовзрыв» актом божественного творения мира.

С тех пор на протяжении трех десятилетий предпринимались попытки объяснить «красное смещение» каким-нибудь физическим процессом, не связанным с принципом Доплера, а значит, и с разбеганием галактик. Хотя придумывались самые необычные механизмы, все попытки окончи-

лись крахом. Ныне можно с полной уверенностью считать, что «красное смещение» в спектрах галактик — чисто доплеровский эффект, а следовательно, разбегание галактик — твердо установленный факт.

Изменилось отношение и к теории расширяющейся Вселенной. Марксистско-ленинская философия прежде всего признает объективную реальность материи, окружающего нас мира. Конкретные же свойства Вселенной не могут быть выведены умозрительно, на основании чисто философских соображений. Они добываются наукой, и только опыт, практика человечества могут служить критерием истинности любой гипотезы. Современные данные физики и астрономии говорят в пользу замкнутости, ограниченности космического пространства и расширения конечной Вселенной *. Это, разумеется, не предрешает вопроса о том, представляет ли она собой четырехмерный «шар». Как будет показано в конце книги, принципиально мыслимы (а может быть, и существуют) и более сложные формы мироздания. Поэтому, хотя и принято термином «Вселенная» обозначать наш замкнутый мир (мы в дальнейшем также будем придерживаться этой не совсем удачной терминологии), надо твердо помнить, что «Вселенная» в таком виде, возможно, не охватывает всего мироздания в целом. Не следует, конечно, и «первовзрыв», реальность которого сегодня трудно оспаривать, считать началом всех вещей и тем более актом творения мира. При всей грандиозности явлений речь идет, по-видимому, все же о «местном» эпизоде, не затрагивающем всего материального мира в целом. Надо заметить, что бесконечность сущего — понятие очень сложное и противоречивое. Оно не безусловно противоположно понятию конечного, и в современной науке намечаются тенденции к сочетанию в диалектическом единстве конечного и бесконечного **.

Так как «первовзрыв» Вселенной произошел 13 млрд. лет назад (примем условно эту величину), а возраст Земли, судя по геологическим данным, примерно лишь вдвое меньше, вся история Вселенной, предшествующая рождению Земли, развернулась на временном интервале в 6—7 млрд. лет. Что тогда свершилось? Как эволюционировала материя от таинственного «первовзрыва» до состояния, в общих чертах близкого к современному? Можно ли достаточно наглядно представить себе первоначальное сверхплотное состояние

---

* Подробнее см. *В. Л. Гинзбург.* Современная астрофизика. М., 1970.

** Подробнее см. сб. «Бесконечность и Вселенная». М., 1969.

Вселенной? Насколько близок к нулю был тогда ее объем и что заключалось внутри этого объема?

Итак, расширяющаяся Вселенная! Прежде всего подчеркнем, что речь идет о расширении всей Вселенной, то есть об увеличении объема всего замкнутого сфероподобного трехмерного пространства. Разбегание же всей системы галактик есть следствие расширения пространства, увеличения «радиуса Вселенной».

Представьте себе мыльный пузырь, на поверхности которого осело множество пылинок. Если раздувать пузырь, растет его поверхность, а значит, увеличиваются взаимные расстояния между всеми пылинками. Аналогия примитивна, но этот пример все же не больше чем аналогия. Еще раз подчеркнем, что Вселенная не «пузырь» в обычном житейски-наглядном значении этого слова, а четырехмерная сфера, то есть нечто непредставимое. Однако замкнутость Вселенной означает, что объем ее хотя и очень велик, но все же конечен.

Радиус сферы, заключающей наблюдаемые ныне астрономические объекты, равен примерно 13 млрд. световых лет, или 10^{23} км. Объем этой сферы составляет 10^{70} км^3. Если принять на основании наблюдений, что средняя плотность вещества во Вселенной равна примерно 10^{-29} г/см^3, то общая масса доступной наблюдению части Вселенной составит $2 \cdot 10^{56}$ г, что в 10^{23} раз больше массы Солнца. Принимая, наконец, что массы других галактик в среднем близки к массе нашей Галактики (порядка 10^{11} масс Солнца), получаем, что в наблюдаемой части Вселенной должно находиться примерно биллион (10^{12}) галактик.

Расширение Вселенной означает, что в прошлом ее объем был меньше, чем ныне. Если в модели Вселенной, разработанной Эйнштейном и Фридманом, время повернуть вспять, события пойдут в обратном порядке, как в кинофильме, запущенном от конца к началу. Тогда получится, что примерно 13 млрд. лет назад радиус Вселенной был очень мал, то есть все галактики, межзвездная среда и излучение — словом, все то, что ныне составляет Вселенную, было сосредоточено в ничтожно малом объеме, близком к нулю. Это первичное сверхплотное и сверхгорячее состояние Вселенной не имеет аналогов в современной нам действительности. Лишь теоретические расчеты позволяют проникнуть в тайны того, что было 13 млрд. лет назад.

Наиболее убедительные исследования такого рода в последние годы были проведены известным советским физиком

академиком Я. Б. Зельдовичем и его сотрудником доктором физико-математических наук И. Д. Новиковым. В дальнейшем изложении событий мы будем руководствоваться именно их работами *.

«Расширение Вселенной,— пишет в другой своей работе академик Я. Б. Зельдович,— началось с очень большой плотности и очень большой температуры. В самый ранний период Вселенная, можно сказать, представляла собою лабораторию высоких энергий и высоких температур» **. Но это, конечно, была лаборатория, не имеющая земных аналогий.

Само «начало» Вселенной, то есть ее состояние, соответствующее, по теоретическим расчетам, радиусу, близкому к нулю, ускользает пока даже от теоретического представления. Дело в том, что уравнения релятивистской астрофизики сохраняют силу до плотности порядка 10^{93} г/см^3. Сжатая до такой плотности Вселенная когда-то имела радиус порядка одной десятибиллионной доли сантиметра, то есть по размерам была сравнима с протоном! Температура этой микровселенной, кстати сказать, весившей не менее 10^{51} т, была неимоверно велика и, по-видимому, близка к 10^{32} градуса. Такой Вселенная была спустя ничтожную долю секунды после начала «взрыва». В самом же «начале» и плотность и температура обращаются в бесконечность, то есть это «начало», применяя математическую терминологию, является той особой точкой, для которой уравнения современной теоретической физики теряют физический смысл. Но это не означает, что до «начала» ничего не было: просто мы не можем представить себе, что было до условного «начала» Вселенной.

В нашей жизни секунда — ничтожный интервал. В первые же моменты временной жизни Вселенной (условно отсчитываемой от «начала»), уже на протяжении первой секунды развернулось множество событий. В те первые моменты термин «расширение» кажется слишком слабым и потому неуместным. Нет, это было не расширение, а сильнейший взрыв, который по мощи трудно себе представить из-за отсутствия аналогий.

К исходу одной стотысячной секунды после «начала» Вселенная в своем микрообъеме заключала смесь элементарных частиц: нуклонов и антинуклонов, электронов и по-

* Подробнее см. *Я. Б. Зельдович, И. Д. Новиков.* Релятивистская астрофизика. М., 1969.

** *Я. Б. Зельдович.* Горячая Вселенная.— «Земля и Вселенная», 1969, № 3, стр. 8.

зитронов, а также мезонов, квантов света (фотонов). В этой смеси, по мнению Я. Б. Зельдовича, вероятно, присутствовали пока что гипотетические гравитоны и кварки*, но главная роль все же, по-видимому, принадлежала нейтрино.

Когда «возраст» Вселенной составлял одну десятитысячную секунды, ее средняя плотность (10^{14} г/см^3) была уже близка к плотности атомных ядер, а температура снизилась примерно до нескольких биллионов градусов. К этому времени нуклоны и антинуклоны уже сумели аннигилировать, то есть взаимно уничтожиться, превратившись в кванты жесткого излучения. Сохранялось лишь и множилось количество нейтрино, рождавшихся при взаимодействии частиц, так как нейтрино наиболее слабо взаимодействуют с другими частицами. Это растущее «море» нейтрино изолировало друг от друга наиболее долго живущие частицы — протоны и нейтроны и обусловило превращение протонов и нейтронов друг в друга и рождение электрон-позитронных пар. Не ясно, чем обусловлено последующее преобладание в нашем мире частиц и незначительное количество античастиц. Возможно, почему-либо имела место изначальная асимметрия: число античастиц всегда было меньше числа частиц, либо, как полагают некоторые, благодаря неизвестному пока механизму разделения частицы и античастицы отсортировались, образовав концентрации в разных частях Вселенной, и античастицы где-то так же преобладают (как в нашем мире преобладают частицы), образуя антимир.

Как пишет Я. Б. Зельдович **, «на сегодняшний момент во Вселенной остались кванты, которые мы наблюдаем, а также нейтрино и гравитоны, которые современными средствами мы наблюдать не можем и, вероятно, не сможем еще много лет.

Итак, с течением времени во Вселенной все частицы вымирают, остаются только кванты. С точностью до одной стомиллионной это правильно. Но в действительности на каждые сто миллионов квантов приходится один протон или

---

* Гравитоны и кварки — гипотетические частицы; взаимодействие гравитонов с другими частицами обусловливает гравитационное поле (это кванты гравитационного поля); кварки — «основные кирпичики», комбинации которых дают все многообразие частиц. На обнаружение кварков затрачено много сил и средств, но они до сих пор не найдены, и все больше физиков сомневается в реальности кварков. Философски идея кварков порочна, потому что она стремится ограничить неисчерпаемость форм материи, сводя их к трем кваркам и трем антикваркам.— *Прим. ред.*

** *Я. Б. Зельдович*. Горячая Вселенная.— «Земля и Вселенная», 1969, № 3, стр. 8.

нейтрон. Эти частицы сохраняются потому, что им — оставшимся частицам — не с чем аннигилировать (вначале нуклоны, протоны и нейтроны аннигилировали со своими античастицами). Их мало, но именно из этих частиц, а не из квантов состоят Земля и планеты, Солнце и звезды».

Когда возраст Вселенной достиг трети секунды, ее плотность снизилась до 10^7 г/см^3, а температура — до 30 млрд. градусов. В этот момент, по выражению академика В. Л. Гинзбурга, нейтрино отрываются от нуклонов и в дальнейшем уже не поглощаются ими, доживая в свободном состоянии до наших дней. Сегодня эти «первичные», странствующие в космическом пространстве нейтрино должны обладать энергией всего в несколько десятитысячных долей электрон-вольта. Фиксировать такие нейтрино мы не умеем: для этого чувствительность современной аппаратуры надо увеличить в сотни тысяч раз. Если когда-нибудь это удастся сделать, «первичные» нейтрино принесут нам ценную информацию о первой секунде жизни Вселенной.

К исходу первой секунды Вселенная увеличилась до размеров, примерно в сто раз превышающих размеры современной Солнечной системы, поперечник которой равен 15 млрд. км. Теперь уже плотность ее вещества составляет 1 т/см^3, а температура—около 10 млрд. градусов. Здесь еще ничто не напоминает современный космос. Отсутствуют привычные нам атомы и атомные ядра, нет и стабильных элементарных частиц.

Всего 0,9 секунды ранее при температуре 100 млрд. градусов протонов и нейтронов было поровну. Но при снижении температуры более тяжелые нейтроны распадались на протоны, электроны и нейтрино. Значит, число протонов во Вселенной неуклонно росло, а количество нейтронов уменьшалось.

Возраст Вселенной — три с половиной минуты. Теоретические расчеты фиксируют для этого момента температуру в 1 млрд. градусов и плотность уже в сто раз меньше плотности воды. Размеры Вселенной всего за три с половиной минуты возросли почти от нуля до 40 световых лет *. Создались условия, при которых протоны и нейтроны стали объединяться в ядра самых легких элементов, преимущественно водорода. Наступает некоторая стабилизация, и к концу четвертой минуты от начала «первовзрыва» Вселенная по массе состояла из 70 % водорода и 30 % гелия. Вероятно,

* Для расширения пространства скорость света не является предельной.

таким же был первоначальный состав самых древних звезд. Более тяжелые элементы возникли позже в результате тех процессов, которые совершаются в звездах.

Дальнейшая история Вселенной более спокойна, чем ее бурное начало. Темп расширения постепенно замедлился, температура, как и средняя плотность, постепенно снижалась, и, когда Вселенной исполнился миллион лет, ее температура стала настолько низкой (3500°К*), что протоны и ядра атомов гелия уже могли захватывать свободные электроны и превращаться при этом в нейтральные атомы. С этого момента по существу начинается современный этап эволюции Вселенной. Возникают галактики, звезды, планеты. В конце концов через много миллиардов лет Вселенная стала такой, какой мы ее видим.

Возможно, некоторые из читателей, пораженные колоссальными, далекими от привычной реальности числами, подумают, что нарисованная в самых общих чертах история Вселенной есть лишь теоретическая абстракция, далекая от действительности. Но это не так. Теория расширяющейся Вселенной объясняет разбегание галактик **, непонятное с иных позиций. Она подтверждается и всеми современными данными о космосе. Наконец, недавно было найдено еще одно очень убедительное опытное подтверждение сверхгорячего состояния древней Вселенной.

Первичная плазма, которая изначально заполняла Вселенную, состояла из элементарных частиц и квантов излучения, или фотонов,— это был так называемый фотонный газ. Первоначально плотность излучения в «микровселенной» была очень велика, но по мере ее расширения «фотонный газ» постепенно охлаждался. Так охлаждался бы горячий воздух внутри какого-нибудь непрерывно расширяющегося замкнутого объема.

Сегодня от первичного «жара» должны были бы остаться лишь трудноуловимые следы. Энергия квантов первичного «фотонного газа» снизилась до величины, отвечающей температуре всего несколько градусов выше абсолютного нуля. Ныне наиболее интенсивно первичный «фотонный газ» должен излучать в сантиметровом радиодиапазоне.

Таковы теоретические прогнозы. Но они подтверждаются наблюдениями. В 1965 году американские радиофизики об-

---

* 3500°К — по шкале Кельвина, где отсчет начинается от абсолютного нуля (около —273°С).— *Прим. ред.*

** Подробнее см. сб. «Физика наших дней». М., 1972.

наружили шумовое радиоизлучение на волне 7,3 см. Это излучение равномерно поступало из всех точек небосвода и явно не было связано с каким-нибудь дискретным космическим радиоисточником. Неповинны в нем и земные радиостанции, и помехи, порождаемые радиоаппаратурой.

Так было открыто реликтовое излучение Вселенной, остаток ее первичной невообразимой температуры. Тем самым получила подтверждение «горячая» модель первичной Вселенной, теоретически рассчитанная Я. Б. Зельдовичем и его учениками *.

Итак, судя по всему, Вселенная родилась в результате мощнейшего «первовзрыва». Из ничтожно малого по объему, но сверхтяжелого, сверхплотного, сверхгорячего сгустка вещества и излучения за несколько миллиардов лет возникло то, что ныне мы именуем космосом.

КОСМОС СЕГОДНЯ

До последнего времени самыми массивными и крупными телами считались звезды. Возьмем, скажем, Солнце. Его масса равна $2 \cdot 10^{33}$ г, а диаметр $1{,}4 \cdot 10^{11}$ см.

Однако еще в 1963 году были открыты странные небесные объекты, получившие наименование квазаров. При относительно небольших размерах (по-видимому, сравнимых с поперечником Солнечной системы) квазары обладают необычайно высокой светимостью. По мощности излучения они соперничают с крупнейшими из звездных систем. Естественно думать, что это свойство обусловлено исключительно большой массой квазаров. Однако до сих пор природа этих объектов остается неясной; некоторые исследователи полагают, что это зародыши галактик или по крайней мере зародыши ядер галактик. Скорее всего каждый квазар — это система из многих тел, а не какая-нибудь «сверхзвезда» необычайно большой массы.

Несмотря на великое множество звезд, их массы ограничены сравнительно узкими пределами. Наиболее массивные из звезд всего в 50—75 раз тяжелее Солнца, самые легкие — в 10—12 раз легче его.

Но если количество вещества в звездах примерно одинаково, то различия в их размерах огромны. Разве, например,

* См. *Т. Уикс.* Астрофизика высоких энергий. М., 1972, стр. 210—218. В 1972 году было обнаружено аномально высокое реликтовое излучение, происхождение которого пока неясно.

не поражает наше воображение звезда VV Цефея, по диаметру в 1200 раз превосходящая Солнце? И наряду с этим белые карлики, маленькие горячие звезды, уступающие в размерах не только Земле, но даже Луне.

Есть серьезные основания думать, что в космосе широко распространены звезды, по сравнению с которыми даже белые карлики выглядят гигантами. Речь идет о сверхплотных, так называемых нейтронных звездах — пульсарах, диаметр которых должен быть близок к 8—10 км, но зато плотность столь велика, что кусочек их вещества объемом с булавочную головку должен весить сотни тысяч тонн!

Если белые карлики, как теперь считают, являются, повидимому, последней стадией эволюции звезд, масса которых не превышает 1,5 массы нашего Солнца, то пульсары — это, вероятно, конечная стадия эволюции звезд более массивных — от 1,5 до 3 солнечных масс. В результате термоядерных реакций (за счет которых происходит свечение), по мере «выгорания» водорода звезды обогащаются более тяжелыми элементами вплоть до углерода и сжимаются под действием гравитации. Это сжатие происходит до тех пор, пока в центре звезд не достигаются давления и температуры, при которых в термоядерную реакцию вступает уже углерод. Начало углеродного термоядерного цикла знаменуется взрывом, вспышкой звезды, и в мировое пространство выбрасывается вещество наружных ее слоев. Такие внезапно вспыхивающие звезды называются сверхновыми. В результате возникают белые карлики, если звезда имеет массу менее 1,5 солнечной массы, и пульсары, если более. В недрах пульсаров давление столь велико, что ядра атомов разрушаются, и, поскольку протоны «сгорают» в процессе термоядерной реакции, вещество звезды составляют преимущественно нейтроны.

Но космос представлен и типами «звезд» еще более экзотическими, хотя реальность их существования пока не полностью доказана. Это «черные дыры», конечная стадия эволюции звезд более массивных, чем 3—4 солнечные массы. В звездах менее массивных на любом термоядерном цикле всегда наступает момент, когда силы тяготения, сжимающие звезду, приходят в равновесие с давлением излучения, которое стремится, наоборот, расширить ее. В звездах более массивных, однако, наступает время, когда никакое давление излучения не может уже преодолеть гравитационное сжатие, и тогда звезда начинает неудержимо сжиматься до бесконечной плотности. Это мгновение наступает тогда, когда раз-

меры звезд достигнут минимального, так называемого гравитационного радиуса, или сферы Шварцшильда (по имени ученого, который обосновал понятие гравитационного радиуса). Этот радиус очень мал: для Солнца, например, он не превышает 3 км.

В каком состоянии находится вещество в недрах «черных дыр», сказать никто не может, но не исключено, что «черные дыры» — это модели зародыша Вселенной в миниатюре.

Переход звезды и к этой стадии эволюции должен выглядеть как вспышка сверхновой. Эти вспышки играют важную роль для остальной части Вселенной, поскольку они поставляют в космос рассеянную (диффузную) материю — частицы и античастицы, газовые и пылевые облака, а также обусловливают синтез элементов более тяжелых, чем углерод и кислород. Впрочем, синтез тяжелых элементов может идти и в газопылевых облаках, попавших в зону действия сильных магнитных полей, которые, подобно ускорителям, разгоняют частицы. Последние, сталкиваясь с ядрами элементов, утяжеляют и усложняют их.

Опускаясь ниже, в сторону меньших масс и размеров, мы вступаем в сообщество планет и их спутников.

Наибольшая из планет Солнечной системы — Юпитер по объему в 1300 раз, а по массе в 318 раз превосходит Землю. Не исключено, что в других планетных системах есть еще более массивные планеты, хотя скорее всего Юпитер и тела такого типа уместнее считать «полузвездами».

По-видимому, Юпитер, состоящий на 80 % из водорода, целиком газообразен, хотя в центре плотность вещества более 10 г/см^3, а давление превосходит 80 млн. атмосфер, при котором, возможно, водород переходит в металлическую фазу, не говоря уже о других элементах и соединениях. В атмосфере Юпитера плавают облака из метана и аммиака. Но это не спокойно плывущие облака, подобные кучевым облакам в хороший летний день на Земле. Атмосфера Юпитера необычайно бурна, там постоянно свирепствуют ураганы, по сравнению с которыми сильнейшие порывы земного ветра должны показаться еле заметным дуновением. Но, кроме того, разные слои газовой оболочки Юпитера вращаются с разной скоростью на разных широтах планеты (у экватора быстрее, чем в умеренной и полярной зонах). Все это видно с Земли в телескопы — быстрые изменения полосатой атмосферы Юпитера. Судя по всему, есть какие-то внутренние источники энергии, будоражащие атмосферу Юпитера. Ко-



роче говоря, Юпитер, пожалуй, более похож на Солнце, чем на Землю.

Под стать ему и другие планеты-гиганты, такие, как Сатурн, Уран, Нептун. Такие же бурные атмосферы, такой же состав и строение. Только все это в несколько меньших масштабах и не так ярко выражено, как у Юпитера.

Группа планет земного типа возглавляется нашей планетой. Все планеты этого типа (Меркурий, Венера, Земля, Марс, к этому же типу можно отнести Плутон) состоят в основном из сравнительно тяжелых элементов — доля водорода в их общей массе ничтожна. Все они, кроме, может быть, Плутона, окружены атмосферами, практически не содержащими таких ядовитых газов, как метан и аммиак. Из них наиболее похожи на Землю наши соседи — Марс и Венера. Для целей космонавтики, на современном этапе ее развития, планеты земного типа (кроме очень далекого Плутона) — самые подходящие объекты. Интерес к ним тем более оправдан, что по крайней мере на Марсе, а может быть, и на Венере есть некоторые шансы встретить какие-то формы жизни.

По размерам и массе к планетам земного типа тесно примыкает группа крупных спутников планет. Среди 33 лун Солнечной системы самая крупная — Ганимед — третий по счету спутник Юпитера. По поперечнику (5070 км) он превосходит даже Меркурий (диаметр — 4770 км), и, если бы их можно было поменять местами, Ганимед считался бы полноправной планетой. Крупнее ближайшей к Солнцу планеты и Титан (диаметр — 5775 км) — главный спутник Сатурна. Лишь немногим уступает им спутник Юпитера Каллисто (диаметр — 4750 км), спутник Нептуна Тритон (диаметр — 3775 км) и, наконец, наша Луна (диаметр — 3476 км).

Продолжая переходить к телам все меньшей и меньшей массы, мы попадаем в группу малых тел Солнечной системы — астероидов и комет.

Тела, обращающиеся вокруг Солнца, в основном между орбитами Марса и Юпитера, заслуженно именуются малыми планетами, или астероидами *. Наибольшая из малых планет — Церера — имеет в диаметре 770 км. Хотя она больше некоторых из спутников планет, но, конечно, ни в какое сравнение не идет с крупными планетами, например с Землей. Остальные астероиды еще меньше, и среди 1800 зарегистрированных малых планет встречаются и такие карлики,

---

* Слово «астероид» означает «звездоподобный»: из-за малых размеров эти тела выглядят в телескоп слабыми движущимися звездочками.— *Прим. ред.*

как, скажем, астероиды Гермес или Икар, диаметры которых вряд ли превышают километр.

Впрочем, и это не предел. Нет никаких сомнений в том, что в поясе малых планет вокруг Солнца обращается множество очень мелких и пока не открытых астероидов с поперечниками, измеряемыми десятками метров, метрами и, наверное, даже сантиметрами.

Кометы — тела своеобразной природы, пожалуй лишь по формальным признакам (массе и размерам) попавшие в компанию астероидов. Основная масса кометы заключена в ее ядре — огромной (порядка километра в диаметре) глыбе рыхлого льда. Слово «лед» у нас обычно ассоциируется с кусками плотного речного льда. Кометные ядра состоят из льдов разного состава — не только из обычного «водяного» льда, но и из «оледеневших» метана и аммиака с множеством мелких тугоплавких включений, похожих на космические пылинки. Вряд ли средняя плотность кометных льдов превышает 0,1—0,2 г/см^3. Во всяком случае большинство метеорных тел — мелких осколков кометных ядер — имеют, наверное, именно такую малую среднюю плотность.

Приближаясь к Солнцу по вытянутым эллиптическим орбитам, кометы нагреваются; газы, сконденсированные в форме льдов в их ядре, сублимируют (возгоняются), образуя газовую голову и исполинские газовые шлейфы — хвосты комет. Притяжение кометного ядра ничтожно, и вырывающиеся из ядра газовые потоки увлекают сконцентрированную на его поверхности мелкую твердую пыль — так образуются пылевые хвосты комет. Кометы грандиозны. Диаметр их головы зачастую превосходит поперечник Солнца, а хвосты тянутся на сотни миллионов километров. Но плотность головы и хвостов совершенно ничтожна: в миллиарды раз меньше плотности комнатного воздуха.

К малым телам Солнечной системы следует отнести и метеориты — тела той же природы, что и астероиды. Собственно говоря, между астероидами и метеоритами нет никакого принципиального различия: мы называем метеоритами те из малых планет, которые благодаря вытянутости своих орбит попадают в сферу земного притяжения и сталкиваются с нашей планетой.

Из найденных метеоритов самый большой имеет вес 60 т. Но на Земле сохранились шрамы — метеоритные кратеры, образовавшиеся при ударе о земную поверхность куда более крупных тел. Некоторые из них, наверное, были величиной не менее, чем астероиды Гермес или Икар. Но

в группу метеоритов входят и совсем крошечные обломки, весом несколько граммов. От таких микрометеоритов наблюдается непрерывный переход к метеорным телам в доли грамма и мельчайшим частицам космической пыли. Современные датчики, устанавливаемые на искусственных спутниках и космических лабораториях, так чувствительны, что им удается регистрировать космические пылинки весом в миллиардные доли грамма! И это еще не предел раздробленности космического вещества. Сортировка космических тел по массе и размерам, пожалуй, наилучшим образом отражает их физическую природу.

На вершине «лестницы масс» — тела самосветящиеся, звездного типа. И то, что они сами светятся, что в их недрах при колоссальных давлениях и температурах совершаются ядерные реакции с огромным выходом энергии, есть следствие одной причины — очень большой массы этих тел. Остальные тела на «лестнице масс» не самосветящиеся.

Характерная черта космоса — его расчлененность на системы различных масштабов и разного характера сложности.

Наименьшие из такого типа космических систем — системы лун. В Солнечной семье планет только Венера и Плутон лишены спутников (по крайней мере таких, которые доступны современным средствам исследования)*. Наша планета имеет единственную Луну, у Марса 2 спутника, у Юпитера — 12, у Сатурна — 10, у Урана — 5 и у Нептуна — 2. Особенно любопытен Юпитер с его спутниками — уменьшенное подобие Солнечной системы. Впрочем, если во что бы то ни стало стремиться к приоритету, Земля ныне имеет самую многочисленную свиту спутников, правда искусственных.

Планетные системы, судя по всему, широко распространены в космосе. Это утверждение подкрепляется различными данными наблюдений. Так, например, в движении многих звезд замечены неправильности, которые можно объяснить лишь тем, что вокруг этих звезд обращаются невидимые для нас спутники. Можно даже оценить суммарную массу этих недоступных наблюдению тел и их орбиты (относительно наблюдаемой звезды). В ряде случаев эти массы оказываются слишком большими, а эллиптические орбиты чересчур вытянутыми, для того чтобы невидимые спутники звезд можно было отождествить с планетами. Скорее всего в таких случаях мы встречаемся с небольшими, еле светящимися звездами.

---

* В 1974 г. у Меркурия открыт спутник диаметром 25 км.

Но известны и такие звезды, у которых невидимые спутники имеют массу, сравнимую с массой Юпитера. К ним относится звезда Барнарда из созвездия Змееносец. Судя по траектории полета этой близкой к нам звезды, вокруг нее обращаются по меньшей мере три невидимых спутника, массы которых составляют 1,26, 0,63 и 0,89 массы Юпитера. Это, бесспорно, «настоящие» планеты, и именно то, что другая планетная система обнаружена по соседству с Солнечной, свидетельствует о множественности планетных систем во Вселенной.

Известен и другой серьезный аргумент в пользу такого вывода. В нашей Солнечной системе давно уже обратила на себя внимание важная деталь: из общего момента количества движения (или, образно говоря, «запаса движения») Солнца и планет на долю Солнца приходится лишь 2 %, а на долю планет — остальные 98 %. Есть основания думать, что такое распределение момента количества движения вызвано наличием планет. Можно подсчитать, что если бы все планеты попáдали на Солнце, образовав с ним одно целое, и передали ему свой «запас движения», то Солнце стало бы вращаться в десятки раз быстрее, чем теперь. Из этих рассуждений следует вывод, что, вероятно, медленно вращающиеся звезды должны иметь вокруг себя планеты, а быстро вращающиеся лишены их.

Среди миллиардов звезд встречаются и быстро и медленно вращающиеся звезды. К первым из них принадлежат крупные горячие звезды (голубые, белые, желтоватые), ко вторым — звезды, похожие на наше Солнце, небольшие, сравнительно холодные (желтые, оранжевые, красноватые). Если их медленное вращение вызвано наличием планет, то общее число планетных систем в одной нашей Галактике исчисляется миллиардами. Примерно к такой же (конечно, приближенной) оценке приводят и другие данные.

Не менее, пожалуй, многочисленны системы двойных и кратных звезд — следующая ступень в иерархии материальных систем. Классический пример такой системы — звезда Мицар — средняя звезда в ручке ковша Большой Медведицы. Невооруженный глаз различает рядом с Мицаром слабосветящуюся звезду-спутник, названную еще средневековыми арабскими астрономами Алькором. Уже в небольшой телескоп сам Мицар распадается на две звезды — Мицар А и Мицар В. Но это еще не все. Методами спектрального анализа установлено, что и Мицар А и Мицар В состоят каждая из двух компонентов. Таким образом, перед

нами система из нескольких звезд, связанных узами тяготения.

Этот случай почти исключительный. Зато двойные и тройные звезды встречаются гораздо чаще. Движение отдельных звезд в таких системах иногда бывает достаточно сложным, но в любых случаях закон тяготения оказывается достаточным для объяснения движений и двойных и кратных звезд.

Поднимемся по иерархической лестнице еще на одну ступень. Перед нами звездные скопления. Среди них широко известны Плеяды, или Стожары,— маленькая группа из шести-семи слабосветящихся звездочек, обращающая на себя внимание в темные осенние и зимние ночи. В телескоп Плеяды выглядят эффектно: кроме наиболее ярких звезд, доступных невооруженному глазу, видны десятки других, также принадлежащих к этому типичному рассеянному звездному скоплению. Как единое целое, напоминающее исполинский рой светляков, движутся в пространстве звезды Плеяд. Взаимные их расстояния настолько велики, что главное движение в таких звездных системах — их поступательный полет в космическом пространстве.

Иное строение имеют шаровые звездные скопления. Это своеобразные, невообразимо огромные по размерам «шары из звезд». Чем ближе к центру шарового скопления, тем больше звезд и тем гуще распределены они в пространстве. На большинстве фотографий центральные области шаровых скоплений сливаются в сплошное сияние.

Движение звезд в шаровых скоплениях сложно. Каждая из звезд, по-видимому, обращается вокруг центра скопления, зачастую по весьма причудливой кривой, и, кроме того, все скопление вращается вокруг некоторой оси, как единое целое.

И звезды (включая Солнце), и звездные скопления составляют в своей совокупности главную часть исполинской звездной системы — Галактики. Основную «толщу» ее звезд мы наблюдаем на небе как беловатую, слабосветящуюся полосу Млечного Пути. В ее состав входит полтораста миллиардов звезд, а поперечник Галактики луч света преодолевает лишь за 100 тыс. лет.

Наша Галактика состоит из двух основных подсистем: плоской, состоящей из спирально закрученных газопылевых рукавов и сосредоточенных в плоскости этих рукавов молодых звезд, и сферической, ограниченной условно-шарообразной поверхностью рассеянных старых звезд и скоплений

звезд. В центре Галактики располагается ее ядрышко, напоминающее по размерам и массе квазар. Ядро Галактики для нас невидимо, так как его закрывают газопылевые скопления плоской подсистемы, и только инфракрасное излучение ядра говорит о его присутствии. Наше Солнце находится на расстоянии примерно 30—34 тыс. световых лет от центра Галактики, на окраине плоской подсистемы, поднимаясь над плоскостью последней на несколько десятков световых лет.

Как выяснилось за последние десятилетия, у нашей Галактики есть спутники — микрогалактики.

Природа поместила рядом с нашей Галактикой знаменитую туманность Андромеды — другую галактику, удивительно похожую на нашу. Вероятно, это обстоятельство было одним из мотивов, по которым долгое время исполинские звездные спирали такой структуры считались типичными и наиболее многочисленными галактиками. На самом деле это не так. Изученные за последнее десятилетие сотни тысяч далеких звездных систем продемонстрировали почти неисчерпаемую творческую изобретательность природы. Формы и размеры таких звездных систем удивительно разнообразны.

Есть галактики эллиптические, есть трапецеидальные и, кажется, бесформенные, как бы растрепанные по краям. Так же разнообразны по своему характеру их ядра. Во многих случаях это квазизвездные тела типа квазаров, весьма активные — постоянно выбрасывающие массы вещества в виде излучений, газовых шлейфов и т. д. (галактики Маркаряна); есть галактики с ядрами более спокойными, хотя и активными (галактики Сейферта); есть такие, из ядер которых материя истекает спокойно, без видимых взрывов. Все это позволило предположить, что после «первовзрыва», разбросавшего из «зародыша» Вселенной сгустки дозвездного вещества, начальной формой скоплений материи были квазары. Развитие квазаров привело к формированию из них ядер галактик, а вокруг них — выбросов газопылевой материи, в которых, быть может, возникали звездные скопления (ассоциации). Что же касается форм галактик, то они, возможно, зависят от того, какова была начальная масса галактики.

Крупнейшие галактики могут иметь спутников — галактики миниатюрных размеров, возможно связанные происхождением. Но кроме того, галактики распределены не равномерно в объеме Вселенной, а образуют группы — местные

скопления, состоящие из тысяч галактик. Наша Галактика не составляет исключения: вместе с галактикой Андромеды, Магеллановыми облаками и двумя десятками более мелких галактик она образует местную группу. Происхождение таких групп пока не выяснено.

Кроме космических тел и их систем важной составляющей космоса является межпланетная и межзвездная среда.

Все пространство Солнечной системы пронизано излучением Солнца — электромагнитным и корпускулярным. Чем дальше от Солнца, тем слабее это излучение.

Солнце окутано колоссальным облаком мельчайшей космической пыли — так называемым зодиакальным облаком. Имея сплюснутую чечевицеобразную форму, оно, по-видимому, простирается до орбит самых далеких планет. Иногда на западе вскоре после захода Солнца удается разглядеть слабое конусовидное сияние — зодиакальный свет — в сущности солнечный свет, рассеянный частицами зодиакального облака.

Встречаются в межпланетном пространстве и многочисленные атомы различных газов — бездомные «бродяги», выброшенные Солнцем или покинувшие атмосферы планет при их диссипации или рассеянии.

Газ, пыль, корпускулы, электромагнитное излучение — вот та межпланетная материальная среда, в которой совершаются и будут совершаться космические полеты. Полноты ради следует упомянуть и о такой форме существования материи, как силовые поля — гравитационные, магнитные, электрические, распространенные в Солнечной системе повсеместно.

Межзвездное пространство также не пусто. Оно пронизано электромагнитным излучением звезд и космическими лучами, в основном представляющими собою стремительно летящие протоны и альфа-частицы (ядра атомов гелия). В межзвездном пространстве встречаются невообразимо огромные по размерам и совершенно ничтожные по плотности газовые туманности. Типичный их представитель — знаменитая туманность Ориона. Ее средняя плотность в 10^{17} (сто тысяч биллионов!) раз меньше плотности комнатного воздуха. При такой плотности весом 1 мг будет обладать газовое облако объемом 100 куб. км!

Как ни разрежена туманность Ориона, но есть нечто еще более разреженное. Это заполняющая межзвездные пространства почти прозрачная, еле уловимая современными средствами наблюдения, по-видимому, сплошная газовая

среда, называемая межзвездным газом. Ее плотность гораздо меньше плотности газовых туманностей.

Есть в межзвездном пространстве и мельчайшая твердая космическая пыль. Она обычно концентрируется в огромные пылевые туманности, в некоторых случаях похожие на облака какого-то космического дыма. Есть и гравитационные поля (например, отдельных звезд и ядра нашей Галактики). Проявляют себя и общее галактическое магнитное поле, и магнитные поля отдельных космических объектов, например «магнитных» звезд.

Даже между галактиками нет пустоты, но есть нечто вполне материальное: поля, излучение, газ, пыль.

Такова современная картина космоса.

В ПОИСКАХ РОДОСЛОВНОЙ

Современный космос невооруженному глазу представляется удивительно спокойным, неизменным. Однако постоянство звездного неба на самом деле только кажущееся. Те далекие солнца, которые мы называем звездами, летят в пространстве со скоростями в десятки и даже сотни километров в секунду. Пройдут сотни тысяч лет, и звездное небо станет неузнаваемым. Теперешние созвездия уступят место новым, быть может, с еще более замысловатыми очертаниями. Новой Земле, постаревшей за это время, будет соответствовать и новое небо. Но все эти изменения очень медленны, и потому психологически можно оправдать представления древних о совершенстве и постоянстве небес.

От древних мы заимствовали и главную космогоническую идею — постепенное формирование космоса из первичного хаоса. В астрономии эта идея нашла себе воплощение во множестве космогонических гипотез, начиная со знаменитой схемы происхождения Солнечной системы по Канту и Лапласу. Рассеянная (диффузная) межзвездная материя — эти невообразимо протяженные и разреженные облака пыли и газа — доныне многими астрономами рассматривается как материал, из которого формируются звезды. Сам же процесс формирования считается весьма длительным, растянутым на миллионы, а то и миллиарды лет.

Мы упоминали выше об обратном процессе в космосе — выбросе газа звездами, ядрами галактик. Он присущ всем звездам, в том числе и Солнцу. При вспышках новых и сверхновых звезд образуются исполинские газовые туманности,

легко наблюдаемые с Земли. Такие же газовые потоки, закрученные спирально вследствие вращения, со скоплениями пыли истекают из галактических ядер и выбрасываются, видимо, квазарами. Какова их роль в космогонии?

Еще в 1947 году академик В. А. Амбарцумян открыл звездные ассоциации. Этим термином были названы группировки однотипных или близких по физическим свойствам звезд. Их объединение в сравнительно небольшом объеме пространства нельзя считать случайностью.

Звездные ассоциации недолговечны. Благодаря значительным размерам ассоциации и небольшому количеству принадлежащих ей звезд ассоциация сравнительно быстро «рассасывается» среди других звезд Галактики. Звезды ассоциации, более близкие к галактическому ядру, движутся вокруг него быстрее, чем более далекие. Таким образом, через некоторое время ассоциация растянется в направлении движения всех звезд, а затем и вовсе распадется. Распаду ассоциации содействует также притяжение окружающих звезд.

Важно то, что распад ассоциации должен совершаться очень быстро. По расчетам В. А. Амбарцумяна, любая из ассоциаций неизбежно распадется за несколько десятков миллионов лет. Это значит, что если наблюдаемые нами ассоциации еще не распались, то они возникли в астрономическом смысле недавно, не более чем несколько десятков миллионов лет назад или еще позже.

Расчеты показывают, что все звезды Галактики могли пройти через стадию звездных ассоциаций, прежде чем стали отдельными, самостоятельными звездами. Поэтому весьма вероятно, что возникновение звезд в виде ассоциаций есть один из путей возникновения звезд.

Если это так (что окончательно выяснится только в будущем), то особенно интересным становится вопрос: из чего возникают звезды?

Окончательного ответа на этот вопрос еще не найдено. Бесспорно, что звезды возникают и в наши дни, весьма вероятно, что все они образуются не поодиночке, а сравнительно тесными группами. Многие придерживаются классической гипотезы, состоящей в том, что звездные ассоциации формируются в протозвездных газопылевых облаках путем конденсации. Но по мнению В. А. Амбарцумяна и его последователей, звезды, образующие ассоциации и туманности, возникли одновременно из особых, как он называет, дозвездных тел, или протозвезд. Эти объекты являются,

пожалуй, наиболее таинственными небесными телами. Их не видно ни в один телескоп, и они, по-видимому, должны состоять из какой-то новой, неизвестной нам формы материи.

Можно, однако, полагать, что дозвездные тела могут обладать огромными массами (из них рождается много звезд) и весьма высокой плотностью (иначе они занимали бы большое пространство и, вероятно, были бы наблюдаемыми).

Поскольку звезды ассоциации выбрасываются из ее центра с большими скоростями, похоже на то, как считает В. А. Амбарцумян, что рождению звезд предшествуют какие-то взрывы дозвездного вещества. А это означает, что дозвездное вещество обладает весьма значительными запасами энергии.

То, что наблюдается в мире звезд, в несравненно бо́льших масштабах повторяется и в мире галактик, этих колоссальных и весьма разнообразных звездных систем.

Как уже упоминалось, галактики распределены в пространстве неравномерно и, как правило, объединены в более или менее многочисленные группы (двойные, кратные галактики), а иногда и в грандиозные скопления галактик — аналоги звездных скоплений.

Все эти объединения звездных систем, как и звездные ассоциации, динамически неустойчивы. Некоторые из них, по теоретическим расчетам, должны распасться не более чем за несколько миллиардов лет.

Но процессы, которые разыгрываются в ядрах галактик, наиболее удивительны и по масштабам уступают лишь «первовзрыву» Вселенной.

В ядрах некоторых галактик наблюдаются движения газа и выброс отдельных облаков со скоростями до 8500 км/сек. По сравнению с этим истечение водорода из центра нашей Галактики представляется совсем спокойным: его скорость составляет «всего» десятки километров в секунду.

Еще большую активность проявляют ядра так называемых взрывающихся галактик. Достаточно посмотреть на фотографии некоторых из них, чтобы почувствовать в клочковатой сложной структуре вещества этих галактик отзвуки тех мощнейших взрывных процессов, которые в них происходят.

Большинство галактик так далеки, что рассмотреть их структуру не удается: на снимках они выглядят звездообразными. Но мощное нетепловое излучение многих далеких галактик можно объяснить лишь взрывными процессами. В некоторых случаях энергия взрыва достигает 10^{60} эрг,

что в десятки миллиардов раз больше энергии вспышки сверхновой звезды, до недавнего времени считавшейся самым мощным взрывным процессом.

Квазары, эти «квазизвездные радиоисточники» (отсюда их наименование), внешне похожие на звезды, самые далекие из известных объектов в космосе: их свет идет к нам миллиарды лет. А это значит, что сегодня мы видим их такими, какими они были миллиарды лет назад, в эпоху, близкую к моменту «первовзрыва».

Каждый квазар излучает свет в сотни раз сильнее, чем крупнейшая из галактик. Замечательно, что видимый блеск квазаров подвержен заметным и быстрым колебаниям (иногда на протяжении недели!). Так как скорость света является предельной для любого физического процесса, изменчивость блеска квазаров свидетельствует о том, что их поперечник не превосходит нескольких световых недель (диаметр Солнечной системы — 1,3 светового часа). Значит, квазары несравнимо меньше галактик, диаметры которых измеряются десятками тысяч световых лет.

Мощность излучения — это прежде всего признак большой массы. Если квазары излучают, как биллионы звезд, то, значит, и масса их значительно превосходит массу крупнейших из галактик. Но, «упакованная» в сравнительно небольшой объем, такая масса вещества должна обладать огромной плотностью. Выходит, что квазары — сверхплотные и весьма массивные объекты (если только их излучение не вызвано какими-то неизвестными нам процессами).

Впрочем, ныне установлено, что некоторые квазары находятся внутри облака, образованного скоплением материи, а иные имеют не один, а два центра излучения. Во всяком случае, в спектрах квазаров эмиссионные линии сильно расширены. Это показывает, что из квазаров истекает вещество со скоростями до 3000 км/сек. Природа квазаров и причины их сверхмощного излучения пока неясны. Возможно, они представляют собой единые плазменные, сильно намагниченные и быстро вращающиеся тела, хотя такая точка зрения лишь одна из многочисленных гипотез. Но так или иначе, такая активность квазаров не может не носить взрывной характер.

Пульсары обладают не менее фантастическими свойствами. Их случайно открыли в 1967 году как невидимые, но весьма интенсивные «пульсирующие» точечные источники радиоизлучения. Необычными оказались ритмические и очень сложные по характеру колебания их радиояркости,

периоды которых имеют длительность от 0,03 до 4 секунд! Таких быстрых изменений в космических телах астрономия до сих пор не знала.

В некоторых редких случаях (например, у пульсара в сердцевине Крабовидной туманности) колебания радиояркости сопровождаются синхронными колебаниями в оптическом диапазоне. Но это пока что исключение.

Уже известно свыше полусотни пульсаров и выяснено, что в отличие от квазаров пульсары, несомненно, принадлежат нашей Галактике. Природа этих загадочных объектов во многом еще неясна, хотя большинство астрономов считают пульсары быстровращающимися сверхплотными нейтронными звездами. При диаметре порядка 10 км (на территории Москвы свободно бы разместилось полтора десятка пульсаров!) масса пульсара сравнима с солнечной. Наполненный веществом пульсара наперсток весил бы несколько миллионов тонн! Во всяком случае и эти объекты проявляют большую активность и дают мощное излучение либо в виде точечного источника, либо в виде поляризованного магнитным полем в определенном направлении пучка.

Итак, внешнее спокойствие космоса обманчиво. Безвоздушное космическое пространство не доносит до нас гула и грохота далеких катастроф. Слабость наших глаз создает картину спокойно-величавого, неизменного космоса. На самом деле в космосе бушуют, беснуются природные стихии. Космос полон энергии, Вселенная еще очень молода!

Даже в Солнечной системе наблюдаются явления огромной (по земным масштабам) мощности. Взять хотя бы бурные атмосферы Юпитера и других планет-гигантов. Судя по динамике этих атмосфер, в них постоянно совершаются энергичные перемешивания газовых масс, по-видимому стимулируемые какой-то внутренней энергией планет: солнечного тепла для этого явно недостаточно.

Взрывные явления на самом Солнце выражаются не только во взлете протуберанцев. Хромосферные солнечные вспышки — события, регулярно наблюдаемые. На поверхности Солнца появляется ослепительно яркое пятно. Как правило, оно наблюдается через спектральные фильтры (например, в красных «лучах водорода»). Но иногда солнечная вспышка становится видимой даже в обычный темный фильтр.

Разгораясь и достигая максимального блеска, солнечная вспышка исчезает затем сравнительно быстро: все явление длится в среднем около четверти часа. Каждая рядовая солнечная вспышка — это взрыв на поверхности Солнца, рав-

ноценный одновременному взрыву 30 тысяч мегатонных водородных бомб! Этот взрыв выбрасывает в окружающее Солнце космическое пространство потоки корпускул: протонов, альфа-частиц, ядер более тяжелых элементов и электронов. Двигаясь со скоростями тысяча и более километров в секунду, корпускулярные потоки пронизывают пространство Солнечной системы, будоражат атмосферы планет и влияют на органический мир Земли.

Солнечные вспышки бледнеют в сравнении с теми вспышками, которые испытывают так называемые эруптивные звезды. У некоторых из них за несколько десятков секунд яркость всей звезды возрастает порою в сотни раз. Если бы Солнце вело себя столь бурно, вряд ли на Земле могла бы существовать биосфера.

Следующий шаг вверх по энергетической лестнице — вспышки новых и сверхновых звезд. Такие вспышки (по крайней мере для сверхновых звезд) имеют характер катастрофических взрывов. Они, как уже говорилось, радикально меняют звезду, и, по мнению некоторых астрономов, нейтронные звезды, эти остатки сверхновых, представляют собою заключительный этап эволюции если не всех, то многих звезд.

Взрывы в ядрах галактик, пожалуй, самая высокая ступень энерговыделения, наблюдаемая сегодня в космосе. С нею может соперничать лишь энергия излучения квазаров.

Как все эти взрывные явления уложить в один эволюционный ряд? Как связать этот ряд с тем сверхвзрывом, который породил Вселенную?

Об этом мы уже мельком говорили. Когда из очень малого, но невообразимо плотного сгустка вещества Вселенная расширилась до космических размеров, исполинский, еще очень горячий и сверхплотный шар ее, вероятно, распался на множество «осколков». Это могло быть следствием, например, неоднородности шара и различной скорости процессов, в нем происходивших.

Каждый из «осколков», состоявший из дозвездной материи с громадными запасами энергии, в свою очередь со временем распадался. Возможно, что продуктами распада и были квазары — зародыши галактик. Как полагают некоторые исследователи, в ядрах квазаров (а равно и ядер галактик) сосредоточено дозвездное вещество, свойства которого мы пока что не можем определить, а внешние их слои состоят из плазмы и газов, плотность которых всего лишь в несколько раз выше, чем плотность материи в галакти-

ках. Если это так (а квазары можно толковать и по-иному, к этому мы еще вернемся), то тогда надо признать, что «первовзрыв» и последующие, вторичные взрывы выбрасывали в пространство не только «осколки» дозвездного вещества, но и диффузную материю — плазму, газы, из которых формировалась пылевая материя. При этом надо думать, что первоначальное содержание газопылевой материи во Вселенной было значительно более высоким, чем ныне.

Как бы то ни было, но, по нашим современным представлениям, вплоть до стадии появления галактик во Вселенной преобладали взрывные процессы. Но как мы видели, взрывные процессы характерны и для стадии галактик, хотя интенсивность их уменьшается в процессе эволюции галактик — от бурных проявлений энергии в галактиках Маркаряна и Сейферта до спокойного истечения материи из ядер таких галактик, как наша.

Таким образом, теория расширяющейся Вселенной смыкается с концепцией академика В. А. Амбарцумяна, который, основываясь на собственных открытиях и открытиях сотрудников, а также на трудах зарубежных астрономов, распространяет идею созидающего взрыва и на процессы звездообразования. Согласно этой концепции, и все известные нам космические объекты (галактики, звезды, газопылевые туманности) рождаются в процессе взрывов из сверхплотных, начиненных огромными запасами энергии сгустков дозвездного вещества. Потому-то звезды и возникают в виде разлетающейся, первоначально компактной группы, состоящей из многих и многих тысяч или миллионов звезд.

Автору эта гипотеза кажется наиболее вероятной из всех других, а потому он предлагает следующую «родословную» всех космических объектов.

«Первоатом», то есть Вселенная в первичном сверхплотном состоянии, и первичный огненный шар — ее самые далекие предки, давшие, конечно, кроме планет почти бесчисленное потомство всех космических объектов.

Какой-то фрагмент огненного шара, возможно, стал зачаточным ядром нашей Галактики и со временем обзавелся вокруг себя звездным населением. Это зачаточное галактическое ядро и, вероятно, отпочковавшаяся от него звездная ассоциация, в которую входило Солнце,— следующие, более близкие к нам по времени «родственники» Земли.

Предложенная схема эволюции космоса от «первоатома» к звездам лишь гипотеза, подлежащая дальнейшей разра-

ботке и проверке. Пока что никакой теории превращения гипотетической «дозвездной материи» в наблюдаемые космические объекты не существует, и это обстоятельство — одно из уязвимых мест в концепции В. А. Амбарцумяна.

С другой стороны, рождение звезд путем конденсации разреженной газопылевой материи нельзя считать абсолютно невозможным. Наоборот, до сих пор большинство астрономов придерживается подобной «конденсационной» гипотезы. Гигантские скопления газопылевой материи, возможно, возникли на стадии «вторичных» взрывов «осколков первовзрыва». Можно полагать, что распределение вещества в них было первоначально неравномерным. Некоторое общее вращение таких скоплений порождает, вероятно, в них мощные магнитные поля, благодаря чему структура газопылевых облаков могла стать волокнистой. Под воздействием гравитационных сил в расширениях (узлах) этих «волокон» и могла начаться концентрация материи, приводившая к возникновению целых семейств звезд.

Этой концепции пока что придерживается большинство исследователей, хотя и она имеет свои слабые стороны. Не исключено, что обе концепции («взрывная» и «конденсационная») вовсе не исключают, а дополняют друг друга: ведь при распаде дозвездной материи возникают не только звезды, но и туманности. Может быть, вещество этих туманностей когда-нибудь послужит (или уже много раз служило) исходным материалом для конденсации звезд и планет? Лишь будущие исследования внесут полную ясность в этот вопрос.

Для дальнейшего изложения важно одно: планетные системы широко распространены в космосе, а значит, и возникновение их есть закономерный этап в эволюции Вселенной.

РОЖДЕНИЕ ЗЕМЛИ

Мы подошли к волнующему моменту в истории космоса — рождению Земли. Любая гипотеза, претендующая на объяснение этого процесса, должна прежде всего учитывать следующие особенности Солнечной системы.

Почти все планеты обращаются вокруг Солнца в одном направлении и почти в одной плоскости. Направление орбитального движения планет совпадает с направлением осевого вращения Солнца, а плоскость солнечного экватора близка к средней плоскости планетных орбит.

Системы спутников планет повторяют по крайней мере

некоторые из общих закономерностей планетной системы. Правда, есть непонятные исключения — «обратные» движения некоторых из спутников планет-гигантов. Нарушают общую стройность и обратное вращение Венеры, аномально большие размеры Луны в сравнении с Землей, «лежачее» положение Урана, ось вращения которого лежит почти в плоскости его орбиты, а также орбита Плутона, плоскость которой сильно наклонена к плоскости экватора Солнца. Главная же трудность для любого космогониста — объяснение непонятного распределения момента количества движения между Солнцем и планетами. По какой-то причине Солнце вращается очень медленно, и потому на долю планет приходится 98% всего суммарного момента количества движения Солнечной системы.

В истории планетной космогонии издавна наметились два пути объяснения перечисленных фактов, два типа космогонических гипотез. Эта двойственность существует и сегодня.

Планетная система возникла в результате сгущения первичной туманности, когда-то окружавшей Солнце. Это был процесс длительный, постепенный, решающую роль в котором играло гравитационное поле Солнца. Такова суть всех «небулярных» * гипотез, начиная со знаменитой и безнадежно устаревшей гипотезы Канта—Лапласа.

Гипотезы второго типа — «катастрофические». Они ведут свое начало от гипотезы Бюффона, современника Канта, полагавшего, что планеты возникли как «брызги» при катастрофическом падении на Солнце исполинской кометы. Во всех последующих, более правдоподобных «катастрофических» гипотезах сохранилась первичная идея: планетная система есть плод какой-то космической катастрофы.

Из современных «небулярных» гипотез наибольшей и вполне заслуженной популярностью пользуется гипотеза академика О. Ю. Шмидта. По концепции Шмидта, подкрепленной исследованиями его учеников (Б. Ю. Левина, В. С. Сафронова и других), наша планетная система, и в частности Земля, возникла несколько миллиардов лет назад в результате сгущения окружавшего Солнце допланетного газопылевого облака.

О. Ю. Шмидт показал, что «протопланетное» газопылевое облако непременно должно превратиться в совокупность

* «Небулярный» означает «туманный» (от латинского nebula — туман, облако).— *Прим. ред.*

крупных, «слипшихся» из частиц облака протопланет. В самом деле, обращаясь вокруг Солнца по различным самостоятельным орбитам, частицы (их было очень много!) неизбежно сталкивались друг с другом. При этом они обменивались энергией и моментом количества движения. В результате столкновения и слипания в вакууме * частиц «усреднялись» параметры их орбит. Но к слипшимся частицам присоединялись новые: как снежный ком, катящийся с горы, росли первичные зародыши планет. И чем крупнее становилось тело, тем более круговой (из-за «усреднения») была его орбита.

«Усреднялись» и наклоны орбит, что в конце концов привело к «уплощению» первичного облака, к образованию планет, орбиты которых лежат почти в одной плоскости.

В близких к Солнцу областях протопланетного облака его частицы сильно нагревались и их летучие компоненты (затвердевшие легкие газы) испарялись, или, точнее, возгонялись. Поэтому вблизи Солнца образовались небольшие тела из тугоплавких тяжелых элементов — Меркурий, Венера, Земля, Марс — планеты «земного типа». Наоборот, в далеких холодных частях протопланетного облака легкие элементы (первоначально в твердом, «замороженном» состоянии) сохранились, и потому там образовались планеты-гиганты Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, в основном состоящие из водорода и его соединений. На краю протопланетного облака, где оно «сходило на нет» и вещества было мало, сконденсировался небольшой Плутон.

О. Ю. Шмидту и его последователям удалось объяснить и ряд других закономерностей Солнечной системы, в частности эмпирический «закон планетных расстояний», связывающий радиус орбиты планеты с ее номером, отсчитываемым в порядке удаления от Солнца. Как и во многих других космогонических гипотезах, в гипотезе Шмидта возникновение систем спутников мыслится как процесс, аналогичный возникновению планет. Говоря яснее, и спутники появились как сгущения в околопланетных частях первичной туманности.

Гипотеза Шмидта не объяснила, однако, аномальное распределение момента количества движения в Солнечной системе (98 % на планеты и всего 2 % на Солнце).

---

* Вакуум — по-латыни «пустота». В физике и астрофизике вакуумом условно называют пространство, содержащее предельно малое количество материи и энергии.— *Прим. ред.*

О. Ю. Шмидт считал, что протопланетное облако было захвачено Солнцем при его обращении вокруг ядра Галактики. Действительно, в межзвездном пространстве мы видим множество газопылевых облаков. Может быть, пролетев сквозь одно из них, Солнце захватило его «по пути» с собой? Расчеты, однако, показали, что вероятность такого захвата очень мала, и «ни О. Ю. Шмидту, ни его сторонникам не удалось найти доказательств того, что в данном случае имел место именно захват» *.

В настоящее время сторонники гипотезы О. Ю. Шмидта склонны считать, что газопылевое протопланетное облако скорее всего отделилось от сжимающегося и постепенно все быстрее и быстрее вращающегося «Протосолнца» **.

Интересны космогонические идеи, выдвинутые в 1960 году английским астрофизиком Ф. Хойлом.

Представим себе «Протосолнце» — быстро вращающуюся вокруг оси нашу, в ту отдаленную эпоху еще совсем молодую, звезду. Если она по каким-либо причинам постепенно сжималась, то ее скорость вращения непрерывно возрастала. В конце концов наступила эпоха так называемой ротационной неустойчивости, когда под действием центробежных сил с экватора Протосолнца (его радиус был тогда, по мнению Хойла, равен радиусу орбиты Меркурия) началось истечение вещества, которое образовало протопланетное облако, имевшее форму сплющенного диска.

Допустим, что Протосолнце обладало сильным магнитным полем, а вещество протопланетного облака хотя бы частично содержало ионизированный газ. В таком случае в этом газе возникает собственное магнитное поле, взаимодействующее с магнитным полем Протосолнца. В результате между диском и центральным сгущением (будущим Солнцем) устанавливается сильное магнитное «сцепление», вследствие которого вещество диска удаляется от центра, распространяясь на всю Солнечную систему, а Протосолнце, теряя момент количества движения, продолжает сжиматься дальше и в конце концов превращается в современное, медленно вращающееся Солнце ***.

Значит, по Хойлу, магнитное торможение вращающегося Протосолнца окружающей его туманностью приведет к переходу момента количества движения от Протосолнца к об-

* Сб. «Развитие астрономии в СССР». М., 1967, стр. 308.

** См. *Б. Ю. Левин.* Происхождение Земли.— «Земля и Вселенная», 1971, № 6.

*** См. сб. «Пути познания Земли». М., 1971.

лаку, а следовательно, и к сгустившимся из него планетам. Эта остроумная схема, объясняющая существующее распределение момента количества движения между Солнцем и планетами, сама, однако, нуждается в солидном обосновании.

Расчеты показывают, что у горячих звезд атмосфера охвачена интенсивной конвекцией и при этом магнитное поле располагается почти целиком внутри звезды. Значит, если Протосолнце было горячим, «намагнитить» протопланетное облако оно не могло. В противном случае протопланетное облако «раскручивается» магнитным полем звезды столь быстро, что протопланетный диск просто не успевает сформироваться и принять на себя существенную долю момента количества движения. Эти и другие недостатки гипотезы Хойла заставили исследователей искать иные схемы эволюции протопланетного облака.

Из гипотез, выдвинутых в последнее время, наиболее правдоподобной считается гипотеза Э. Шацмана (1967 г.). Она наиболее близка к старой гипотезе Лапласа, хотя в отличие от последнего Шацман использует в своей гипотезе не только механические, но и электромагнитные силы.

По мнению Шацмана, протопланетная туманность с самого начала находилась в состоянии конвективно-турбулентного перемешивания. Она сжималась относительно медленно, и истечение вещества с экватора вращающейся туманности в протопланетный диск происходило постепенно, начиная с расстояний, соответствующих орбите Плутона, до современной орбиты Меркурия. Центральное сгущение туманности (Протосолнце) на последней стадии сжатия обладало высокой активностью. Оно выбрасывало в пространство множество заряженных частиц, которые перемещались вдоль силовых линий магнитного поля Протосолнца и двигались с его угловой скоростью до больших расстояний, тем самым замедляя его вращение. Благодаря этому «магнитному торможению» в конце концов Протосолнце передало момент количества движения протопланетному облаку, а через него планетам. Заметим, что в гипотезе Шацмана масса протопланетного диска лишь на 10 % превышала современную массу Солнца, что, по мнению В. С. Сафронова, облегчает дальнейшее теоретическое обоснование этой гипотезы.

Трудности, возникшие при объяснении происхождения и эволюции протопланетного облака, заставляют некоторых исследователей искать решение проблемы образования планет в другом направлении.

Может быть, формирование планетной системы шло по-

добно образованию галактик и звезд по Амбарцумяну, то есть из каких-то сверхплотных тел? Не возникли ли Земля и планеты в результате каких-то катастрофических взрывов, вызванных распадом дозвездного вещества?

Подобные идеи защищает известный советский исследователь комет С. К. Всехсвятский.

«Имеется много оснований считать первичные планеты (протопланеты),— пишет он,— телами звездной природы... Солнце могло быть компонентом двойной системы, сохранившимся после того, как второй компонент разделился на более мелкие части в результате взрыва» *.

Действительно, планеты-гиганты и Солнце близки по химическому составу. У планет земного типа легкие элементы могли улетучиться в процессе эволюции. Известны звезды в двойных системах, по массе близкие к крупным планетам. Значит, гипотетический спутник Протосолнца по массе мог быть близок к суммарной массе всех планет. Взрыв этого спутника (и здесь гипотеза С. К. Всехсвятского смыкается с идеями В. А. Амбарцумяна), вероятно, произошел за счет взрывообразного превращения находившегося внутри него дозвездного вещества.

«Осколки» спутника были малы, и потому они быстро охладились, в результате чего возникли сложные молекулярные соединения и твердые оболочки будущих планет. «Дальнейший процесс,— пишет С. К. Всехсвятский,— должен был иметь характер отдельных подъемов активности, когда накапливающиеся под корой газы прорывали ее. С течением времени оболочка метаморфизировалась, усложнялась и укреплялась, что приводило ко все более длительным промежуткам активности и, следовательно, накапливанию большой энергии разрушений» **. И сегодня, как показал С. К. Всехсвятский во многих своих работах, в Солнечной системе наблюдаются эруптивные, взрывные процессы,— по его мнению, проявление остатков «звездной» энергии у ныне затвердевших планетных тел. Конечно, схема образования Земли, предложенная С. К. Всехсвятским, лишь первая и пока что мало чем обоснованная попытка связать идеи В. А. Амбарцумяна об эволюции звезд и галактик с современной планетной космогонией. Следует подчеркнуть, что гипотеза О. Ю. Шмидта ценна, в частности, тем, что она лучше, чем любые другие гипотезы, согласу-

---

* Сб. «Проблемы современной космогонии». М., 1972, стр. 378—379.

** То же, стр. 379.

ется с геологическими, главным образом геохимическими, фактами. Как известно, представление о первично холодной Земле, разогретой впоследствии за счет радиоактивных процессов, разделял и В. И. Вернадский.

Все же многое в рождении Земли остается пока неясным. Но как бы ни возникла Земля, роль Солнца в ее рождении и дальнейшей эволюции была огромной. Его поле тяготения (а на первых порах и магнитное поле), его различные излучения в сущности определяют всю историю Земли.

ПЕРВЫЕ ШАГИ НАШЕЙ ПЛАНЕТЫ

Первозданная Земля мало походила на современную. Однако на протяжении всей долгой истории нашей планеты тяжелые химические элементы были и остаются ее основой. Эта черта резко отличает Землю (и, конечно, другие планеты) от остального космоса. Там безраздельно господствуют водород и гелий. Мы живем в водородно-гелиевом мире с незначительной примесью более тяжелых элементов. Но в эту «примесь» входят все планетные системы и их обитатели, а потому для нас она представляется отнюдь не второстепенной деталью Вселенной.

Откуда взялся материал, из которого созидаются планеты и жизнь? Каково происхождение химических элементов? Вопрос этот трудный, до конца не решенный, впрочем, как и большинство других вопросов, рассматриваемых в этой книге.

Как уже говорилось, первичный синтез тяжелых элементов происходил на самых ранних стадиях эволюции Вселенной. Но и сейчас в космосе идут созидательные процессы, вещество усложняется, и похоже на то, что это «усложнение» только начинается.

Синтез тяжелых элементов прежде всего совершается в недрах звезд, что нам хорошо известно на примере Солнца. Десять миллиардов атмосфер сжали вещество в его недрах до плотности 100 г/см^3 и нагрели его до температуры 15 млн. градусов — такова обстановка в центральных областях Солнца. Здесь, в беспорядочной толчее протонов и других частиц, казалось бы, все хаотично. На самом деле в центральных областях Солнца идет односторонне направленный процесс. Из протонов в ходе так называемого протон-протонного термоядерного цикла созидаются альфа-частицы — ядра атомов гелия.

Характерно, что превращение водорода в гелий, или, иначе говоря, синтез гелия, сопровождается еще одним крайне важным для нас процессом — превращением солнечного вещества в излучение. Ежесекундно Солнце уменьшается в массе на 4 млн. т. Таким количеством вещества можно было бы нагрузить четыре тысячи поездов по пятьдесят вагонов в каждом. И все это вещество переходит в свет, в излучение, за счет которого и существуем мы с вами.

Значит, если звезда, по массе и строению похожая на Солнце, первоначально состояла лишь из чистого водорода, через некоторое время ее состав неизбежно «усложнится», так как внутри ее образуются атомы гелия.

На этом созидательный процесс не закончится. В ходе дальнейших ядерных реакций, выражающихся главным образом в захватах атомными ядрами нейтронов, образуются атомы углерода, кислорода, неона и других элементов. Если звезда массивна и в ее центре температура гораздо выше, чем в недрах Солнца, в звезде могут синтезироваться атомы железа и других аналогичных элементов. Наконец, при вспышках сверхновых звезд, когда температуры и плотности в сжавшейся после взрыва звезде достигнут трудно представимых величин, возможен синтез практически всех химических элементов, до самых тяжелых включительно.

По мнению Б. Фаулера и других исследователей, синтез тяжелых элементов мог происходить в допланетном веществе при его облучении потоком частиц высокой энергии, которые испускались формирующимся магнитоактивным Солнцем. В работах Р. Бернаса и других предполагается, что литий, бериллий и бор образовались в наружных слоях Протосолнца на последней стадии его сжатия.

Таким образом, в современном космосе не все разрушается. Наоборот, в недрах бесчисленных звезд идут созидательные процессы, медленно, но неуклонно усложняющие мир. К моменту рождения Земли в космосе, или, точнее, в окрестностях Солнца, было достаточно «строительного материала», из которого сформировалась наша планета.

Словом, есть несколько гипотез, объясняющих, откуда взялся «тяжелый» материал Земли. Гораздо труднее представить себе в деталях первые шаги ее эволюции. Придется предложить читателю два варианта формирования первичной Земли, впрочем сводящихся к одному результату.

По гипотезе О. Ю. Шмидта, «родившись» в виде небольшого сгустка частиц протопланетного облака, Земля примерно через 100 млн. лет достигла 98% ее современной массы

(остальные 2% были набраны за следующие 100 млн. лет). Главным источником разогрева первично холодной Земли О. Ю. Шмидт считал радиоактивный распад составляющих ее веществ.

Здесь космогоническая гипотеза Шмидта перекликается с давними высказываниями В. И. Вернадского, который писал, что «атомная радиоактивная теплота, а не остаточная теплота остывающей планеты, как это думали еще совсем недавно, есть основной источник той теплоты, которая объясняет все геологические процессы, идущие на Земле» *.

В каждом грамме земного вещества радиоактивного тепла выделяется очень мало (примерно одна двадцатимиллионная доля калории в год). Но за миллиарды лет его (по мнению О. Ю. Шмидта) накопилось так много, что температура недр Земли могла подняться почти до 3000°. Есть местные очаги расплавленных пород и в земной коре. Из них и извергается огненно-жидкая лава. Дальнейшее развитие гипотезы О. Ю. Шмидта привело, однако, к выводу (работы В. С. Сафронова и др.), что роль радиоактивности в разогреве первичной Земли была незначительной: радиоактивное тепло за время формирования нашей планеты могло разогреть ее центральные области не более чем до 200° К. Вот почему в настоящее время считается, что основным источником нагревания растущей Земли были удары формировавших ее частиц и тел. Среди этих тел были очень крупные (до 1000 км в поперечнике). Их удары не только нагревали Землю, но создавали кратеры и интенсивно перемешивали земное вещество. По предварительным расчетам, на глубине 300—500 км температура достигла 1500° К, а средняя температура Земли была близка к 1000° К. Разогрев Земли привел к тому, что «более тяжелые вещества опускались вниз, а более легкие поднимались вверх. Из-за большей вязкости твердого вещества над расплавленной областью и под нею двигаться сквозь это вещество могли лишь крупные включения с поперечником в несколько десятков километров» **. Этот процесс гравитационной дифференциации привел постепенно к расслоению Земли, к образованию ее плотного ядра и менее плотных окружающих ядро оболочек.

---

* Цит. по: *Б. Ю. Левин.* Происхождение Земли и планет. М., 1964, стр. 80.

** *В. С. Сафронов.* Развитие теории Шмидта.— «Земля и Вселенная», 1972, № 4, стр. 23.

Надо заметить, что приведенное объяснение далеко не безупречно. Если в период падения на Землю огромных глыб (до 1000 км в диаметре) Земля имела почти современные размеры, то это означало, что материал протопланетного облака уже был почти исчерпан. А тогда остается непонятным, откуда взялись эти падающие на Землю огромные планетоподобные тела. Если же Земля в ту пору была существенно меньше теперешней, то столкновение с глыбой поперечником 1000 км было бы катастрофическим и для глыбы и для Земли: почти вся их масса обратилась бы в раскаленный газ. С другой стороны, эта концепция противоречит тому, что известно современной геохимии о механизме дифференциации земного вещества, который совсем не так примитивен, как представляется авторам этой гипотезы.

Словом, сильный разогрев центральных областей Земли в рамках гипотезы О. Ю. Шмидта пока не находит вполне удовлетворительных объяснений. И это вполне понятно, поскольку О. Ю. Шмидт исходил только из астрофизических соображений. Этот пробел пытался восполнить академик В. Г. Фесенков, обративший внимание на то, что первозданная Земля была более богата радиоактивными элементами, чем современная: ведь в результате их распада количество радиоактивных элементов непрерывно уменьшается. По расчетам Фесенкова, количество основного изотопа урана — урана-238 «в начале земных времен» было по крайней мере вдвое большим, чем ныне, а урана-235 было столько, что соотношение $\frac{238}{235}$ равнялось 1 или 2. Такое количество урана-235 теоретически дает возможность полагать, что со временем соединения этого изотопа могли концентрироваться в высокопроцентных рудах и в этих концентрациях могли возникать естественные, спонтанные цепные реакции. Иными словами, могли возникать природные ядерные реакторы. Соответственно больше было и других радиоактивных элементов — от калия до плутония, америция и нептуния.

Кроме того, не учитывалось тепло химических процессов и гравитационного сжатия, которое начало выделяться, как только тело планеты стало достаточно большим.

Словом, проблема разогрева не столь безнадежна, как это кажется сторонникам «ударного» источника тепла.

Каким же образом гипотеза О. Ю. Шмидта объясняет происхождение атмосферы и гидросферы Земли?

В первичном протопланетном облаке (по крайней мере в большей его части) температура была так низка, что водя-

ные пары, углекислота, метан, аммиак и другие летучие вещества «намораживались» на твердых частицах облака. Вместе с ними они вошли и в состав зарождающейся Земли. Когда же под действием ударов и радиоактивного распада Земля разогрелась, затвердевшие газы вернулись в газообразное состояние.

Вырвавшись на поверхность Земли, водяные пары сгустились в воды морей и океанов, частично вошли в состав атмосферы Земли. Но в этой первичной атмосфере в основном господствовали сравнительно тяжелые газы — углекислота, метан, аммиак. Земная атмосфера пополняется и доныне: при вулканических извержениях выбрасываются углекислый газ и водяные пары. В других случаях в разных местах Земли из ее недр выделяются метан и другие горючие газы.

Гипотезе академика О. Ю. Шмидта трудно отказать в стройности и логике. Несмотря на отмеченные выше недостатки, она хорошо и вполне конкретно объясняет многие факты, и этим обусловлено ее широкое признание в современной науке.

В «горячем» варианте рождения Земли (его ныне защищает С. К. Всехсвятский) наша планета первоначально была звездоподобным телом, «осколком» взорвавшейся звезды — спутника Солнца.

Дальнейший ход событий можно представить себе так.

Горячее облако газа, постепенно со своей поверхности излучая тепло, остывало. Примерно за несколько десятков тысяч лет газообразная Протоземля превратилась в горячее огненно-жидкое тело. В этом теле под действием гравитации тяжелые вещества опустились к центру, а легкие, наоборот, всплыли к поверхности. Масса Земли была недостаточно велика, чтобы удержать наиболее легкие газы, а потому уже на самых первых этапах эволюции Земли водород и гелий были ею безвозвратно потеряны. Первичная атмосфера могла состоять лишь из сравнительно тяжелых летучих веществ, например углекислого газа.

Быстро «расслоившись», Земля продолжала остывать и со временем покрылась твердой корой. Внутри же планета целиком или частично осталась огненно-жидкой, в чем легко убедиться, наблюдая лавовые потоки, истекающие из недр Земли при современных вулканических извержениях. И доныне продолжаются некоторая «утряска» Земли и частичные перемещения ее поверхностных слоев — отсюда землетрясения и другие тектонические явления. Дальнейшая

термическая история Земли выражалась в постепенном охлаждении всей планеты — от поверхности и до центра.

Эта грубая схема эволюции Земли в довоенные годы казалась настолько очевидной, что всякие идеи о первичном холодном состоянии Земли отвергались с порога как чудаческие. Сегодня «горячие» космогонические гипотезы оцениваются иначе. Многое в них представляется неясным.

Прежде всего неясно, как именно отделилось горячее газовое облако от Солнца или от взорвавшейся его звезды-спутника. Пока что есть лишь общие качественные рассуждения, не подкрепленные количественными расчетами. Зато имеются расчеты, показывающие, что газовое облако с массой, примерно равной массе Земли, скорее всего должно было рассеяться в пространстве, чем сгуститься в жидкую планету. Есть и другие серьезные возражения против «горячего» рождения Земли. В свое время они были сформулированы еще О. Ю. Шмидтом *.

«Горячий» вариант рождения Земли хорошо объясняет высокую температуру ее центральных областей (остывание первичной огненно-жидкой Земли шло с поверхности). Но зато непонятно, почему до сих пор продолжается дифференциация, «утряска» вещества Земли: ведь в огненно-жидкой массе уже давным-давно тяжелые вещества опустились бы к центру, а наиболее легкие сконцентрировались бы у поверхности.

Таким образом, проблема происхождения Земли пока не может считаться окончательно решенной. Однако для нас сейчас, пожалуй, наиболее важно другое. И «горячая» и «холодная» схемы догеологического развития Земли приводят к выводу о неизбежном расслоении земного шара. Именно такой, расслоившейся на геосферы, и предстает Земля современному геологу.

ГЕОСФЕРЫ

Здесь мы пока нарушим историческую последовательность изложения и изобразим нашу планету такой, какой мы ее представляем сегодня.

Форма Земли сложилась в результате взаимодействия гравитационных и центробежных сил. Лишь в первом, самом грубом приближении можно говорить о земном шаре с поперечником около 13 тыс. км. Более точно Земля представ-

---

* См. *О. Ю. Шмидт*. Избранные труды. М., 1960.

ляет собой эллипсоид вращения, величина отклонения которого от шара характеризуется отношением разности наибольшей и наименьшей осей к наибольшей оси эллипсоида. Для Земли это отношение равно 1/298. Но еще более форме Земли соответствует трехосный эллипсоид, что показано советским профессором Ф. Н. Красовским. Впрочем, экваториальное сжатие земного шара по сравнению с полярным ничтожно: наибольший и наименьший радиусы экватора отличаются по величине всего на 200 м.

Однако практически фигура Земли гораздо более сложна из-за наличия на ее поверхности основных форм рельефа — материков и океанов. Сложность этой фигуры столь велика, что мы ее не можем пока воспроизвести, но теоретически для ее описания введено понятие особой сферы — геоида. По определению английского геодезиста Листингома, это воображаемая поверхность, которую принимает уровень воды в океанах и в мысленно проведенных каналах, сообщающихся с морем и прорезающих материки в разных направлениях. Поверхность эта во всех точках Земли перпендикулярна направлению отвеса, она неправильна и вообще выпуклая: на материках она повышается, а на океанах понижается. Но эти превышения над поверхностью сфероида в области материков и понижения на океанах не более 50 м, так что полная амплитуда отклонения геоида от сфероида не превышает 100 м.

Но и это еще не все. Изучение фигуры Земли с помощью искусственных спутников за последние 15 лет показало, что форма Земли кардиоидна: в районе северной полярной области она выпукла, хотя здесь расположен Арктический бассейн, а в южной — вдавлена, несмотря на то что здесь лежит высочайший (из-за ледниковой толщи) материк нашей планеты Антарктида. Впрочем, разница величины северного и южного радиусов Земли не превышает 100 м.

Если эллипсоидность земного шара — результат его вращения, трехосность, как показали исследования, могла быть изначальной, так как возможны устойчивые и трехосные планетарные тела, а «геоидность» — следствие дифференциации рельефа поверхности планеты, то его «кардиоидность» пока не имеет объяснения.

В состав твердого тела Земли входят все элементы таблицы Менделеева. Однако в наибольшем количестве на нашей планете находятся кислород, кремний и алюминий.

В результате длительной дифференциации вещества произошло расслоение тела планеты и образовались оболочки,

«вложенные» концентрически друг в друга,— геосферы. Границы между ними в недрах Земли выявлены с помощью геофизических методов. Во время землетрясений ударные волны пронизывают недра земного шара и на границах геосфер частично меняют скорость своего прохождения, частично отражаются от поверхностей раздела. На специальных сейсмических станциях сейсмографы улавливают эти волны, а исследователи, определяя по данным нескольких станций центр землетрясения, устанавливают, на какой глубине находятся поверхности раздела и через какие породы прошли ударные волны.

В настоящее время выделяются следующие оболочки Земли.

В центре земного шара обособлено ядро, граница которого проходит на глубине 2900 км от поверхности планеты. Ядро имеет сложное строение: выделяется внешнее ядро — между 2900 и 5000 км глубины, переходная зона — между 5000 и 5150 км — и внутреннее ядро, занимающее центральную часть Земли.

Центральная часть ядра состоит из вещества плотностью около 16 г/см^3, которое находится под давлением до 3,5 млн. атмосфер при температуре в несколько тысяч градусов (подсчеты разного типа дают температуры от 3 до 5 тыс. градусов).

Переходный слой ядра характеризуется быстрым ростом скорости сейсмических волн, что вызвано, очевидно, переходом твердого состояния вещества в жидкое. Можно сказать, переходный слой и центральное ядро реагируют на сейсмические волны, как твердое тело с упругостью вдвое большей, чем упругость стали.

Плотность внешнего слоя ядра значительно меньше, чем в центральной части,— от 9,4 до 11,5 г/см^3, скорости сейсмических волн здесь по сравнению с вышележащими слоями резко уменьшаются, но появляется высокая электропроводность. Вообще же внешний слой ядра реагирует на сейсмические волны как жидкая среда, и, очевидно, вещество здесь находится в расплавленном или во всяком случае в пластичном, текучем состоянии. Предполагается, что из-за этого во внешнем ядре существует конвективное перемещение вещества, что обусловливает наличие электротоков в ядре и магнитного поля Земли.

Ранее считалось, что ядро нашей планеты состоит преимущественно из железа, но исследования последнего десятилетия выявили ряд трудностей в объяснении свойств ядра,

некоторые геохимические и космогонические несообразности, если ядро действительно имеет такой состав. Поэтому от идеи железного ядра в настоящее время отказались. Ныне всем представлениям об эволюции Земли как планеты соответствует ядро, состоящее из смеси 70% кремния и 30% железа. Возможно, на ранних этапах развития Земли к этому составу примешивался еще калий, который впоследствии переместился в более высокие слои.

Ядро окутывается мантией, от которой его отделяет резкая, хорошо «прощупываемая» граница.

Мантия имеет сложное строение. Между глубинами от 400 до 2900 км находится так называемая нижняя мантия, в которой на глубине около 1000 км выявляется неопределенная, как бы «размытая» промежуточная граница. Ниже этой границы вещество мантии однородно по составу, скорости сейсмических волн здесь растут незначительно. Сравнение механических свойств нижнего слоя мантии со свойствами образцов пород, исследованных в лаборатории, дает возможность предположить, что основными породообразующими соединениями здесь являются окислы магния, кремния и железа. Слой мантии между глубинами 400—1000 км отличается резким возрастанием скорости сейсмических волн, но в нем отмечаются какие-то неоднородности. Ученые думают, что это связано либо с изменением химического состава земного вещества, либо с фазовыми переходами вещества из одного состояния в другое.

Детальные исследования последних 15 лет позволили ученым выделить в мантии Земли еще один слой, который играет важнейшую роль в тектонической и вулканической жизни нашей планеты. Этот слой имеет верхнюю границу на глубине 100—120 км под континентами и 50—60 км под океанами, нижняя же проходит соответственно на глубине от 250 до 400 км. Лабораторные эксперименты, проведенные в условиях, соответствующих температурам и давлениям на таких глубинах, показали, что вещество этого слоя может находиться в аморфном, близком к расплаву, состоянии или, как считают некоторые исследователи, является смесью твердых и частично расплавленных пород. Возможно, что в состав их входят богатые железом и обогащенные магнием породы.

Как бы то ни было, но вплоть до нижней границы этого слоя проникают разломы вышележащей земной коры, и здесь сосредоточены очаги подавляющего числа глубокофокусных землетрясений. По-видимому, вдоль трещинных зон

снимается часть давления и «твердые расплавы» описываемого слоя переходят в жидкое состояние, поднимаются по трещинам, образуя лавовые очаги, питающие вулканы. С течением же пластичного вещества этого слоя, вероятно, связаны и напряжения вдоль разломов, приводящие к землетрясениям.

Наконец, сторонники так называемых мобилистских гипотез (о них мы еще скажем далее), утверждающие, что либо отдельные блоки, либо целиком самая верхняя оболочка земного тела — литосфера («каменная сфера») — скользят по подстилающим породам, полагают, что как раз пластичные, полурасплавленные породы этого «ослабленного» слоя (его так и назвали — астеносфера, от греческого «астенос» — слабый, ослабленный) и делают возможным «горизонтальные» перемещения блоков литосферы.

Самый верхний, относительно тонкий слой мантии, заключенный между астеносферой и литосферой, называют верхней мантией. Этот слой состоит из кристаллических пород. Данные последних лет позволяют предположить, что состав этого слоя неоднороден под океанами и континентами.

Плотность вещества мантии в целом постепенно с глубиной растет — от 3,3 г/см^3 у ее верхней границы до 5,2 г/см^3 у нижней. На границе мантии и ядра, где давление достигает приблизительно 1,3 млн. атмосфер, плотность вещества Земли увеличивается до 9,4 г/см^3.

Последняя твердая оболочка нашей планеты — земная кора, или литосфера, имеет сложное строение. По составу она неоднородна (и по вертикали и по горизонтали). Верхней ее границей служит поверхность Земли со всеми ее формами рельефа, а нижней — поверхность Мохоровичича, названная так по имени югославского геофизика А. Мохоровичича, обнаружившего эту границу. Залегает она на различной глубине, как бы зеркально отражающей рельеф земной поверхности. Так, под высочайшими горными областями поверхность Мохоровичича «прогибается» до 80 км, под равнинами находится не глубже 30—40, максимум 55 км, а под океанами — на глубине до 10 км.

В грубом приближении земная кора трехслойна: в основании ее залегает так называемый базальтовый слой, мощность которого в среднем около 20 км, выше — присутствующий только в цоколе континентов «гранитный» слой до 10—15 км толщиной, наконец, верхний чехол литосферы образуют рыхлые осадочные породы, мощность которых в кон-

тинентальных областях колеблется от нескольких сот метров до 20 км, а в океанах — не превышает 2 км. На деле же строение коры гораздо сложнее, так как и «базальтовый» и «гранитный» слои, не говоря уже об осадочном чехле, состоят из серий напластований различных магматических, вулканогенно-осадочных и осадочных измененных (метаморфических) пород. Соответственно и плотность этих слоев варьируется: у пород базальтового типа в среднем около 2,85, гранитного — 2,65 г/см^3, у осадочных плотность может быть еще меньше.

Еще бо́льшим разнообразием состава земная кора отличается в горизонтальном направлении. Выше отмечалось, что под океанами наблюдается только один слой базальтовых пород, прикрытых ничтожными накоплениями осадочных. Толщина коры под океанами не превышает 5—10 км. На континентах же добавляются еще толща пород гранитного состава, или, как их называют, гранитоидов, и мощные толщи осадочных образований разного типа: обломочных (глины, пески, галечники и сцементированные обломочные породы — аргиллиты, пелиты, гравелиты, песчаники, конгломераты и т. п.), вулканогенных (вулканические лавы, пеплы, скопления вулканических бомб, туфов), химических осадков (соли, известняки, гипсы и т. п.) и биогенных (органогенные известняки, устричники, опоки, нефть, уголь и т. д.). Все эти осадки, в разной степени литофицированные (окаменевшие), перемятые тектоническими силами или спокойно лежащие, обладают разной степенью пластичности, жесткости и других механических свойств, по-разному реагируют на действие тектонических сил, а потому земная кора неизбежно должна была распасться на более или менее обособленные блоки. Это и наблюдается в действительности, причем, как правило, каждый из таких блоков так или иначе определяет форму земной поверхности, или ее рельефа.

Поэтому на земной поверхности выделяются прежде всего основные формы рельефа, как бы образующие лик Земли. Его-то раньше других деталей может увидеть космический наблюдатель. Это выступы континентов и впадины океанов. Однако и эти основные формы поверхности так же сложно дифференцированы.

Прежде всего и кора впадин океанов, и кора материковых выступов разбиты сложной сетью глубоких трещин, в основном близких к меридиональному и широтному простираниям. Эти трещины своими корнями уходят на большую

глубину — до нижней границы астеносферы, а в некоторых случаях еще глубже, в верхнюю часть нижней мантии.

Как правило, такие трещины приурочены к границам материковых массивов и океанических впадин (например, кольцевая зона разломов вдоль побережий Тихого океана) или к горным поясам вроде Альпийско-Гималайского, Уральского и др. В этом случае горные поясы представляются чем-то вроде швов, залечивших старые раны. Наиболее «свежими» из разломов такого масштаба являются знаменитые рифты вдоль осей срединных океанических хребтов, общая протяженность которых не меньше 60—70 тыс. км. На суше аналогом таких рифтов являются известные Восточно-Африканские разломы.

Первоначальной причиной таких разломов являлся, вероятно, ротационный эффект, ведь скорость вращения различных точек земного шара на разной широте неодинакова: на экваторе она больше, чем у полюсов. При горизонтальной неоднородности строения земной коры в этих условиях трещины неизбежны.

Кроме рифтовых зон дно океана расчленено также подводными горными странами, плато и цепочками вулканических гор на отдельные равнинные участки океанических котловин, которые могут быть аналогами континентальных платформенных равнин. Континенты же пересекают в субмеридиональном и субширотном направлениях так называемые геосинклинальные зоны, в которых некогда накапливались колоссальные толщи — до 20 км — осадочных пород. Впоследствии они смялись в складки и превратились в горные системы.

Таков общий характер поверхности литосферы — результат длительного развития Земли как планеты. К этому вопросу мы еще вернемся, а сейчас осталось сказать об остальных оболочках земного шара.

Океанические впадины и окраины материков залиты водными массами океанов и морей. Вместе с континентальными водоемами и реками, а также подземными водами эти массы образуют жидкую, водную оболочку, или гидросферу.

Океаны и моря занимают около 71 % поверхности нашей планеты и делят сушу на шесть крупных материковых массивов. Средняя глубина Мирового океана — около 3800 м при максимальной в 11 034 м (в Марианской впадине). Воды океанов играют исключительную роль в тепловом балансе Земли: медленно нагреваясь, они в теплом сезоне аккумулируют солнечное тепло и так же медленно отдают его в атмо-

сферу, нагревая массы воздуха, в то время как суша нагревается и быстро теряет тепло, не аккумулируя его. Не случайно, по новейшим данным, лишь несколько процентов тепла дает суша, а львиная доля поступает из океанов.

Пары воды, поступающие в атмосферу с водной поверхности, «прозрачны» для коротковолнового излучения Солнца, но почти полностью поглощают встречное тепловое излучение Земли, препятствуя охлаждению атмосферы. Вода на Земле играет огромную роль в поддержании жизни: все жизненно важные процессы в организмах происходят в водных растворах.

Ежегодно реки выносят с суши в Мировой океан около $35 \cdot 10^{14}$ г минерального вещества. Из этого количества $18 \cdot 10^{14}$ г выпадает в осадок, а $17 \cdot 10^{14}$ г переходит в раствор. Так как круговорот воды — испарение, выпадение осадков на сушу и сток их в моря и океаны — существует на Земле уже миллиарды лет, возможно, из-за этого растворимого «остатка» вода Мирового океана стала соленой. Морская вода содержит около 50 химических элементов, средняя ее соленость — $35^{0}/_{00}$° (то есть на 1 кг воды — 35 г солей), а общее количество растворенных в ней солей оценивается в $4{,}5 \cdot 10^{22}$ г. Это непочатый еще источник необходимых человечеству элементов.

Наконец, последней из «классических» оболочек Земли является атмосфера. «Классической» ее можно назвать потому, что сейчас уже можно говорить и о геофизической ее оболочке — магнитосфере.

Масса всей атмосферы — $5 \cdot 16 \cdot 10^{21}$ г, столб воздуха над 1 см^2 поверхности Земли имеет массу (или давит с силой) около 1 кг (отсюда единица давления — 1 атмосфера), но давление атмосферы уменьшается с высотой. Соответственно с высотой быстро уменьшается плотность атмосферы: около 50 % всей массы атмосферы сосредоточено в ее нижнем пятикилометровом слое, 75 % — в десятикилометровом и 90 % — в шестнадцатикилометровом. Четкой верхней границы атмосферы не существует: она с высотой постепенно сходит на нет, и следы ее обнаруживаются еще на высоте более 10 000 км.

Воздух — механическая смесь многих газов. По объему в этой смеси азот составляет 78,08 %, кислород — 20,95 %, аргон — 0,93 % и углекислый газ — 0,03 %. На остальные газы — неон, гелий, криптон, водород и т. д.— остается менее 0,01 %. Состав воздуха не зависит от места и времени, он удивительно постоянен.

По законам физики атмосфера должна была расслоиться по удельному весу газов, но этого не происходит, так как до высоты 100—120 км действует турбулентное (произвольное) перемешивание воздуха. Эту часть атмосферы называют областью полного перемешивания, или гомосферой. Выше 100—120 км располагается зона, в которой скорость диффузного разделения газов выше, чем скорость турбулентного перемешивания. Поэтому здесь до высоты 200—250 км преобладает азот, а от 200—250 до 500—700 км — атомарный кислород. В годы «спокойного Солнца» с высоты 500—600 км, а в годы его активности — с 1000—1500 км высоты основными составляющими воздуха являются гелий и водород. Этот «слоеный пирог» атмосферы — от 100—120 км высоты — из-за множественности слоев называют гетеросферой.

Самая внешняя зона атмосферы состоит исключительно из атомарного водорода и называется водородной геокороной. Следы ее прослеживаются на несколько земных радиусов.

В атмосфере всегда содержатся пар и различные газообразные загрязнения: выделения вулканов, промышленных предприятий, средств транспорта. Впрочем, последние источники загрязнения пока что «портят» воздух только в самых нижних, приземных слоях мест, локализованных около промышленных центров и крупных жилых массивов. В этом отношении атмосфера находится в несколько лучшем положении, чем почвенный покров литосферы и гидросфера.

Важную роль играют водяной пар, озон и углекислый газ, содержащиеся в атмосфере. В полярных районах и приземном слое влаги содержится около 0,2 %, а в экваториальных — около 3 %. Увеличение концентрации влаги уменьшает объем других газов, поэтому в районах с большой влажностью воздуха в одном и том же объеме меньше азота, кислорода и других газов, чем в сухих районах.

Плотность водяного пара быстро убывает с высотой: вдвое — на высоте 2 км, в десять раз — на уровне 6 км, в сто раз — на высоте около 8 км, а выше 10—15 км его ничтожно мало.

Водяной пар непрерывно поступает с поверхности Мирового океана. На испарение 1 г воды расходуется 537 калорий тепла. Турбулентное перемешивание распределяет пар над всей поверхностью Земли. В отдельных местах происходит насыщение атмосферы, пар конденсируется, образуя облака. При этом выделяется тепло, затраченное на испарение,

нагревающее окружающую атмосферу. Выпадение осадков завершает круговорот влаги в атмосфере.

Концентрация озона — ионизированного трехатомного кислорода — наибольшая на высоте 20—30 км, выше — уменьшается и сходит на нет на высоте 70 км. Количество его составляет менее одной миллионной массы атмосферы, но роль его огромна: озон не пропускает ультрафиолетовое излучение Солнца, опасное для жизни.

Когда говорят о физических свойствах атмосферы, обычно разделяют ее на ряд слоев. Так, говоря об электрических свойствах, выделяют ионосферу, в которой атомы воздуха ионизированы. Ионосфера состоит из нескольких слоев и играет роль экрана, отражающего длинноволновое радиоизлучение.

По температурным характеристикам в атмосфере выделяют (снизу вверх) тропосферу, стратосферу, мезосферу и термосферу.

Тропосфера — прилегающий к земной поверхности слой, в котором температура уменьшается с высотой равномерно — в среднем на 6,5° на 1 км. Тропосфера содержит 80 % массы атмосферы и практически почти весь водяной пар; в тропосфере формируется погода.

Стратосфера простирается до высоты 50—55 км. В нижней ее части температура более или менее постоянна, но выше 25 км она понижается до 0, —10° С. Распределение температур в стратосфере зависит от времен года и широты: так, летом она понижается при движении от полюсов к экватору от —45 до —70°, зимой самые высокие температуры приурочены к умеренным широтам. Но в верхней зоне атмосферы летом в экваториальной и полярных областях температура одинакова, а в остальные времена года всегда снижается от экватора к полюсам.

В мезосфере температура падает с высотой. В отличие от стратосферы в мезосфере развиты турбулентные движения воздуха. Зимой здесь отмечаются максимальные температуры, а летом — минимальные.

Выше располагается термосфера. Температура в ней быстро повышается от —90° на рубеже 90 км до 1000—2000° С на высоте 400 км. Выше температура воздуха в общем постоянна.

К геосферам можно отнести также магнитное поле Земли.

Мы уже упоминали, что, по современным воззрениям, электрические токи, возбужденные конвективными движениями во внешнем ядре нашей планеты, порождают геомаг-

нитное поле. Конвективные потоки ядра, очевидно, двойные, с противоположным направлением, ведь Земля представляет собой магнитный диполь — двухполюсный магнит. Направление токов в ядре, видимо, параллельно экватору, так как направление силовых линий геомагнитного поля почти перпендикулярно направлению осевого вращения планеты. Ось земного диполя, или магнитоида, вероятно, несколько смещена относительно оси вращения Земли, так как магнитные полюса ее не совпадают с географическими: северный магнитный полюс ныне располагается в арктическом архипелаге Канады, на 75° северной широты и 259° восточной долготы, а южный — на 68° южной широты и 140° восточной долготы. Кроме того, магнитные полюса не остаются на месте, а перемещаются по сложной кривой, очевидно, вокруг географических полюсов.

Магнитное поле Земли в общем имеет тороидальную форму (то есть форму бублика) и напряженность в среднем 0,5 эрстед *. Однако напряженность геомагнитного поля испытывает периодические колебания: суточные, месячные, годовые, вековые. Изучение остаточной намагниченности пород прошлых времен позволило установить, что имеются еще более длительные периоды колебания напряженности геомагнитного поля. Так, существует цикл в 8000 лет, за время которого напряженность поля меняется в два-три раза, намечаются еще более длительные циклы. Но самыми интересными и важными по последствиям являются периоды инверсий: примерно через каждые 1,5—2 млн. лет происходит смена магнитных полюсов — северный полюс становится южным, и наоборот. В период такой инверсии магнитное поле Земли на время практически исчезает совсем.

Существуют аномалии геомагнитного поля. Обычно они связаны либо со скоплением магнитных руд (Курская магнитная аномалия), либо с тектонически и вулканически активными областями.

Существенное воздействие на магнитное поле Земли оказывает Солнце, особенно в периоды своей активности. Под влиянием магнитного поля Солнца и так называемого солнечного ветра — потоков солнечной радиации — геомагнитное поле на стороне, обращенной к Солнцу, сжато, а на противоположной — вытянуто в виде хвоста, простирающегося на десятки диаметров Земли. Часто оно подвергается возму-

---

* Эрстед — напряженность такого магнитного поля, которое на единичную магнитную массу действует с силой в 1 дину.— *Прим. ред.*

щающим влияниям Солнца, что существенно сказывается на погоде и, очевидно, на жизнедеятельности организмов.

Геомагнитное поле играет огромную роль в жизни Земли, ограждая ее поверхность от космического излучения. Земной магнитный тороид служит для них ловушкой на пути к поверхности планеты. Космические частицы (протоны, электроны, ядра атомов и т. п.), попадая в земной магнитный тороид, образуют вокруг Земли пояса радиации на расстоянии от 300 (в полярных областях) и 1000 км (в экваториальной области) до 60 тыс. км.

Все это в целом обычно называют магнитосферой Земли.

Можно еще говорить о грависфере нашей планеты, то есть о ее поле тяготения, влияние которого теоретически простирается на всю Вселенную и которое привязывает к нам нашу спутницу Луну; можно говорить и о грависферах многочисленных космических тел, также воздействующих на Землю.

Для нас имеет жизненно важное значение кроме литосферы, гидросферы и атмосферы, за счет которых мы живем, еще одна геосфера — биосфера.

Биосфера, порожденная взаимодействием глубинных процессов на Земле, ее поверхности, гидросферы и атмосферы, а также и космических факторов, сама играет важнейшую роль в жизни планеты. Но именно из-за этой геосферы мы начали разговор, ей будет посвящено последующее повествование.

Здесь же мы просто изложили общие сведения о том, каково представление ученых о строении Земли на современном уровне знаний.

ЗАГАДКИ ПРОШЛОГО ЗЕМЛИ

С тех пор как завершилось формирование Земли как планеты, началась перестройка и ее внутреннего строения, и ее внешнего облика. Но какие процессы являются ведущими в этой перестройке, единого мнения нет и по сей день.

Со времен Канта и Лапласа, когда первозданная Земля мыслилась в виде остывающего огненно-жидкого тела, проблема ее эволюции решалась просто: процесс остывания начался с поверхности; сначала образовалась земная кора, которая по мере уменьшения объема остывающей Земли трескалась, сминалась в складки, отдельные ее участки опускались, и таким образом произошло разделение поверхно-

сти планеты на океаны и континенты и возникали горы. В еще расплавленном теле вещество под влиянием силы тяжести дифференцировалось по удельному весу: тяжелые элементы и соединения «тонули», легкие «всплывали» и вырывались на поверхность в виде лавовых потоков.

В такой или немного иной модификации в области космогонии эта гипотеза господствовала с середины XVIII века вплоть до начала второй мировой войны. Однако уже с конца XIX века начали накапливаться факты, которые противоречили этой схеме.

Уже в 1870 году англичанин Ричард Проктор опубликовал идею о происхождении Солнечной системы из скопления метеоритов. Эту идею подхватили английские астрономы Г. Локайер, Джордж Дарвин (сын Чарльза Дарвина) и австралиец Д. Мультон. Но Мультон и известный американский астроном Чемберлен полагали, что Солнечная система возникла из роя мельчайших планетных тел — «планетезималей», вращавшихся вокруг центральной туманности по спирали, сталкиваясь друг с другом. Из центральной туманности сформировалось Солнце, а из планетезималей — планеты. Таким образом, идея первоначально холодной Земли и других планет возникла более ста лет назад. Согласно этой гипотезе, разогрев планет представлялся на стадии их формирования как результат перехода энергии движения в тепловую, а затем за счет энергии гравитационного сжатия. В соответствии с этим предполагалось, что вначале диаметр планеты рос и за счет присоединения к ней планетезималей, и за счет разогрева. На более поздних этапах развития планеты сжимались пульсационно: при остывании их диаметр сокращался, поверхность собиралась в складки гор, а, сжимаясь, планеты вновь расширялись за счет разогрева. Таких этапов предполагалось несколько.

Хотя гипотеза огненно-жидкой Земли оставалась господствующей, идея первоначально холодной Земли не умирала; вскоре было показано, что одной энергии сжатия для разогрева до существующих температур недостаточно. Положение изменилось в 20-х годах нашего века, когда американец Джоли выдвинул идею радиоактивного разогрева планет. И хотя сам Джоли исходил из первоначальной модели огненно-жидкой Земли, идея радиоактивного разогрева сыграла большую роль в становлении теории холодного происхождения планет.

В 30-х годах возродилась пульсационная гипотеза Мультона и Чемберлена на основе представлений о радиоактив-

ном разогреве Земли. Периодически накапливалось радиоактивное тепло, затем в процессе расширения, когда оживали трещины и резко активизировались вулканизм и тектонические процессы, излишнее тепло расходовалось, начиналась стадия сжатия.

В таком виде историю Земли после ее возникновения представляли себе большинство геологов примерно до середины века. Из известных советских ученых эту концепцию поддерживали В. А. Обручев (1940), М. М. Тетяев, и далее разрабатывали ее В. В. Белоусов, А. В. Хабаков (1949). Она неплохо объясняет многие факты тектонической истории Земли и некоторые морфологические особенности ее поверхности.

В 1910 году А. Бем выдвинул ротационную гипотезу эволюции земного шара. Эту гипотезу в СССР особенно поддерживали и развивали с 1931 года Б. Л. Личков, а с 1951 года — М. В. Стовас. Сторонники этой гипотезы считают, что осевое вращение Земли, ее собственное гравитационное поле, а также гравитационное взаимодействие Земли, Луны и Солнца есть факторы, во многом определяющие историю развития нашей планеты.

Известно, что приливное трение постепенно замедляет вращение Земли. Всякое же перераспределение масс внутри Земли тотчас же отзывается на ее осевом вращении. С концентрацией масс у оси вращения скорость последнего увеличивается, в противном случае, наоборот, уменьшается. Эти переходы нередко совершаются резко, скачкообразно, и, хотя колебания осевой скорости Земли ничтожны, они могут вызвать значительные напряжения в твердом теле Земли, что приводит к разрывам и смещениям отдельных участков земной коры.

Гипотеза, разрабатываемая в СССР с 1954 года В. В. Белоусовым, отводит решающую роль в эволюции Земли процессу глубинной дифференциации слагающего Землю материала. В самом деле, в общем однородная вначале Земля за несколько миллиардов лет своего существования расслоилась на геосферы и обрела еще две оболочки, которых не было у первозданной планеты,— гидросферу и атмосферу. Очевидно, что дифференциация земного вещества продолжается, до сих пор происходит расслоение древнейших геосфер — ядра и мантии. Дифференциация сопровождается перемещением громадных масс вещества, возникновением конвективных течений, перераспределением источников разогрева — радиоактивных элементов, сконцентрированных

ныне в верхних слоях Земли. Результатом дифференциации является и литосфера с ее рельефом, хотя процесс образования основных форм рельефа — океанических впадин и материковых выступов, а главное, их распределение на поверхности не могут считаться завершенными.

Следствием дифференциации вещества явились конвективные течения вещества в оболочках Земли, которым придавали большое значение многие исследователи, особенно в 30-х годах нашего века.

Все три гипотезы развивались разобщенно, хотя и не исключали друг друга. Однако, как справедливо отмечает советский геолог Г. Н. Каттерфельд, не только возможен, но и необходим разумный синтез всех трех гипотез, и потому, по его мнению, наиболее правильна в методологическом отношении и наиболее перспективна в научном обобщенная ротационно-пульсационная гипотеза, основанная на диалектическом единстве пульсаций объема и формы земного эллипсоида и учитывающая процессы глубинной дифференциации вещества Земли *.

Именно с таких обобщенных позиций Г. Н. Каттерфельд излагает гипотетическую историю Земли — историю спорную, не во всем достаточно обоснованную, но безусловно интересную. Автор полагает, что некоторые ее положения заслуживают внимания, поэтому остановимся на ней подробнее. Отметим лишь главное в этой схеме, отсылая интересующихся подробностями к книгам Г. Н. Каттерфельда и А. М. Рябчикова **.

Давно уже известно, что северное и южное полушария нашей планеты несимметричны. В северном полушарии в основном сосредоточены материковые массивы, в южном — водная масса океанов. Можно считать, что одно полушарие является как бы зеркальным отражением другого. Случайно ли это?

Если бы Земля приобретала теперешнюю форму под действием только гравитационных и центробежных сил, эта форма не была бы асимметричной. Поэтому Г. Н. Каттерфельд считает, что в данном случае проявили себя особые «асимметричные» силы неизвестной природы.

Заметим, что разность между радиусами, направленными из центра Земли к северному и южному полюсам, составляет всего 100 м. Но эта разница зафиксирована по изме-

---

* См. *Г. Н. Каттерфельд.* Лик Земли. М., 1962.

** См. *А. М. Рябчиков.* Структура и динамика геосферы. М., 1972.

рению с искусственных спутников Земли, она реальна, а значит, должна быть как-то объяснена.

Утверждение, что асимметрия Земли вызвана «асимметричными» силами, конечно, не больше чем тавтология. Как известно, в 1958 году профессор Н. А. Козырев пытался объяснить асимметрию Земли действием сил, рожденных самим «ходом времени». Однако эта необычная идея, легшая в основу «причинной механики» Н. А. Козырева, в дальнейшем не получила ни признания, ни достаточного обоснования. Словом, загадка асимметрии Земли и поныне остается нерешенной.

Зато совсем не загадочна трехосность земного эллипсоида, выраженная, в частности, в небольшой эллиптичности земного экватора. Тут нет нужды, как это делает Г. Н. Каттерфельд, прибегать к внешним причинам — воздействию Луны. В небесной механике давно уже доказано, что среди устойчивых фигур равновесия вращающейся однородной жидкости есть и трехосные эллипсоиды. Эта упрощенная модель приложима к Земле, а значит, и без воздействия Луны Земля могла бы принять форму трехосного эллипсоида.

Прямые измерения с помощью сверхточных кварцевых часов показали, что вращение Земли неравномерно. Например, сутки в марте на 0,0025 секунды длиннее, чем в августе, а это означает, что ежегодно вращение Земли ускоряется к августу и замедляется к марту. Отчасти это вызвано сезонными изменениями в циркуляции атмосферы, отчасти другими причинами. В общем же изменения скорости осевого вращения Земли вызваны разными причинами: приливами, неравномерным сжатием внешних геосфер Земли, перераспределением в ней масс, воздействием солнечных корпускулярных потоков и рядом других, иногда еще не вполне понятных физических процессов.

Все это не проходит бесследно для Земли. По мнению Г. Н. Каттерфельда, если бы мы проанализировали все те мелкие пульсационные и ротационные воздействия, которые накапливались за долгую геологическую историю и неприметно запечатлевались на лике Земли в результате постоянных и, казалось бы, незначительных взаимодействий, мы поразились бы их значительности. Попробуем конкретно представить себе (по Каттерфельду), как колебания объема и скорости вращения Земли сказались на ее облике.

Радиус Земли, как считает Г. Н. Каттерфельд, в среднем уменьшается на 5 см в столетие *. Это гравитационное сжа-

* По данным П. Н. Кропоткина (1971), на 3 мм.— *Прим. ред.*

тие (учтите размеры Земли) высвобождает огромную энергию — $17 \cdot 10^{30}$ эрг, или $4 \cdot 10^{23}$ калорий! Так как в мировое пространство рассеивается лишь часть этой энергии, Земля нагревается, а значит, каждый раз сжатие временно сменяется гораздо меньшим расширением нагревающейся Земли. Такова физическая подоплека прерывистого, пульсационного сокращения радиуса Земли. Та же часть тепловой энергии, которая не излучается Землей в мировое пространство, становится скрытой теплотой физико-химических превращений в недрах Земли. Эти превращения в конечном счете способствуют уплотнению внутренних частей Земли и, значит, уменьшению ее объема.

Расчеты показывают, что под влиянием приливного торможения скорость осевого вращения Земли замедляется и, как следствие, полярное сжатие Земли уменьшается. Казалось бы, этот процесс должен выражаться в погружении экваториальной «опухоли» Земли и поднятии полярных районов. В результате такого процесса распределение суши и вод на Земле должно было бы получиться весьма своеобразным: экватор опоясан сплошной водной полосой океана, а два огромных антиподальных материка занимают пространство от полюсов до умеренных широт.

Если бы, наоборот, полярное сжатие длительно увеличивалось, экваториальную зону в конце концов заполнил бы сплошной материковый пояс, а от умеренных широт до полюсов простирались бы океаны.

На самом деле нет ни того, ни другого. Но замечательно, что северному полушарию соответствует первая из этих двух теоретических схем (длительное уменьшение полярного сжатия), а южному — вторая. Это можно, по-видимому, объяснить тем, что в процессе общего очень медленного уменьшения сжатия Земли северное полушарие опережает южное. Значит, и здесь наблюдается асимметричный процесс, вызванный какими-то неизвестными силами. Но эта гипотетическая асимметрия хорошо объясняет самую общую черту лика Земли — неравномерное распределение воды и суши.

Конечно, схема эволюции поверхности Земли, предложенная Г. Н. Каттерфельдом, не больше чем гипотеза. Она не учитывает продолжающуюся на протяжении всей истории Земли дифференциацию ее вещества и другие факторы, а потому не может рассматриваться как нечто доказанное и окончательное.

Еще большие сомнения вызывает гипотеза «дрейфа материков», предложенная в 1912 году немецким ученым Аль-

фредом Вегенером и ныне столь популярная. Сам Вегенер упорно отстаивал эту идею, хотя привычному образу мыслей геологов гипотеза Вегенера всегда представлялась абсурдной. После смерти ее главного и тогда почти единственного защитника о ней забыли, и, казалось, ничто уже не в силах было ее воскресить. Однако в 50-х годах в связи с новыми работами по палеомагнетизму идеи Вегенера как будто получили опытное подтверждение. За последнее время появилось немало работ, пропагандирующих гипотезу дрейфа материков *. Может быть, и в самом деле гипотеза Вегенера заслуживает серьезного научного анализа?

Вегенер обратил внимание на, казалось, случайные особенности береговых линий некоторых материков. Восточный, «бразильский» выступ Южноамериканского материка плотно укладывается во впадину Гвинейского залива. «Стыковка» получается особенно плотной, если вместо береговой линии брать очертание шельфа — материковой отмели.

В 1970 году американские исследователи с помощью электронно-вычислительных машин изучили «совмещение» некоторых материков на протяжении десятков тысяч километров. Результат получился поразительным: в целом хорошо совместилось более 93 % границ шельфа — границ краевой части материков. Лучше всего стыковывались Африка и Южная Америка, Антарктида и Африка, несколько хуже примкнули друг к другу Индостан, Австралия и Антарктида. Создавалось впечатление, что когда-то Африка и Америка составляли одно целое. Затем по каким-то неясным причинам первичный материк раскололся на две части, и эти части, разойдясь в стороны, образовали современные Африку и Южную Америку, а также разделивший их Атлантический океан.

Сам Вегенер шел дальше. Он предполагал, что когда-то вся теперешняя суша составляла единый и единственный материк — Пангею. Со всех сторон он омывался безбрежным Мировым океаном, названным Вегенером Панталассом. Под действием каких-то сил, возможно связанных с вращением Земли, примерно 200 млн. лет назад Пангея раскололась на несколько частей, подобно исполинской льдине. Ее осколки — теперешние материки — разошлись в разные стороны и продолжают доныне свой крайне медленный дрейф.

Дрейфуя на запад, Американский материк на переднем, западном своем крае испытывал сопротивление подстилаю-

* См., например, *Д. Тарлинг, М. Тарлинг.* Движущиеся материки. Предисл. П. Н. Кропоткина. М., 1973.

щего слоя Земли, по которому плывут материки. Естественно, что он смялся и образовал исполинские горные цепи Кордильер и Анд. На тыловой же части от плывущего материка отделялись, отставая, небольшие куски, например Антильские острова. Некоторые же осколки Пангеи плавали, поворачиваясь, как льдины, в бурном потоке,— так, повидимому, вела себя Япония.

Последователи Вегенера (Дю Тойт в 1937 г.) полагали, что первоначально существовали два материка — Лавразия, расколовшаяся на Северную Америку и Евразию, и Гондвана, которая распалась на Южную Америку, Африку, Австралию и Антарктиду. Сторонники этого варианта гипотезы Вегенера приводят немало фактов, как будто подтверждающих реальность Лавразии и Гондваны *. В частности, они ссылаются на сходство геологических структур разных материков, общность их растительного и животного мира.

В последние годы на помощь гипотезе дрейфа континентов пришла гипотеза о расширении дна океанов. В ней важнейшая роль отводится рифтам — гигантским планетарным разломам, приуроченным к осевым частям срединных океанических хребтов. Предполагается, что через рифты из глубин выдавливается вещество верхней мантии, которое в процессе физико-химической дифференциации превращается в базальтовые лавы. Каждая новая порция этого вещества давит на породы, возникшие ранее, и отодвигает их в стороны от рифта. Это давление передается далее, и, таким образом, дно океана постепенно расширяется, раздвигая материки.

Сторонники этой гипотезы предположили, что такой точке зрения должны соответствовать и хронологические факты: самые молодые породы должны быть приурочены к рифтовым зонам, а с удалением от рифтов в стороны, в точках, расположенных на одной, перпендикулярной к оси рифтов линии и на равных расстояниях, породы должны быть древнее и одинакового возраста. Первоначально казалось, что это так и есть, но два года назад в одном из своих рейсов американское исследовательское судно «Гломар Челленджер» обнаружило между Нью-Фаундлендом и Бискайским заливом, что в таких сопряженных точках к западу от срединноатлантического рифта возраст донных пород 155 млн. лет, а к востоку — 110 млн. В самом же рифте взяты образцы древностью 200 млн. лет.

---

* См. *М. Равич.* Какой была Гондвана? — «Наука и жизнь», 1971, № 9.

Есть и другие противоречия в этой гипотезе. Если материки раздвигаются в результате расширения морского дна, то, например, воздействие срединного атлантического рифта должно толкать Африку на восток, а вещество, поступающее из срединного рифта Индийского океана,— на запад. Спрашивается: куда бедной Африке деваться? А ведь в таком же положении находятся все материки.

И еще. На земном шаре имеются рудообразующие зоны, например вдоль восточной окраины Азии. Такие зоны развиваются на протяжении сотен миллионов, до миллиарда лет. Их геохимия в основном остается неизменной. А это значит, что за весь период существования этих зон у них оставался один и тот же источник вещества, чего не могло быть, если бы материки перемещались.

И вот несколько лет назад родилась еще одна концепция мобилизма. Согласно этой концепции, земная кора разбита на крупные плиты. Эти плиты могут охватывать участки и материковой и океанической коры, но есть и целиком «океанические» плиты. Такие плиты с одного края наращиваются вдоль рифта, а вдоль другого края погружаются под край соседней плиты. Например, африканско-индийская плита, расположенная между срединными хребтами Атлантического и Индийского океанов, на западе постоянно наращивается, на востоке же погружается под индоокеанскую плиту.

Но если это так, то тогда не ясно, почему и на западе, и на востоке африканской плиты расположены зоны относительно молодых пород, а в центральной зоне — древнейшие на Земле породы. И какое место тогда занимает Восточноафриканский рифт?

В последнее время, кажется, рождается еще одна концепция, согласно которой материки занимают постоянное место, а океаническое дно движется от рифтов в стороны, погружаясь под края материковых массивов, где породы океанической коры уходят в земные глубины.

Земная кора, по-видимому, тесно связана с подстилающей ее мантией. Они развиваются совместно, образуя единую оболочку — тектоносферу. Дрейф материков в таком случае означает перемещение исполинских твердых глыб толщиной до 1000 км. К тому же, как полагает известный советский геолог В. В. Белоусов, «тектоносфера не образует изолированных глыб, как это имеет место с материковой корой. Она окутывает непрерывной оболочкой весь земной шар. Материковой тектоносфере просто некуда смещать-

ся» *. Поэтому В. В. Белоусов приходит к выводу, «что материки никуда не движутся, что они образовались там, где сейчас находятся, и что то же справедливо и для океанов». В земной коре и ее недрах совершаются лишь вертикальные движения вещества. Конечно, при этом возможны и некоторые очень небольшие горизонтальные сдвиги, но они не имеют ничего общего с плаванием материков.

Надо, однако, заметить, что гипотеза Вегенера («теория мобилизма материков»), как это отмечает А. М. Рябчиков, не противоречит идеям Г. Н. Каттерфельда и число ее сторонников с каждым годом растет. А может быть, Земля медленно расширяется и распад Пангеи, а также дрейф материков вызван не плаванием материков по какой-то пластичной «подстилке», а «разбуханием» земного шара, непрерывным увеличением его поверхности?

Эта с первого взгляда совершенно фантастическая гипотеза расширяющейся Земли впервые была высказана в 1933 году немецким геофизиком Отто Хильгенбергом. По мнению В. В. Белоусова, с точки зрения взаимоотношений между корой и верхней мантией гипотеза расширяющейся Земли обладает преимуществом перед гипотезой дрейфа. «Эта гипотеза,— пишет В. В. Белоусов,— предполагает, что Земля первоначально была столь мала, что современные материки, объединенные в один блок, покрывали ее всю. Расширение глубоких зон Земли разорвало этот единый материк и раздвинуло его куски далеко друг от друга. В этом случае можно думать, что связь коры с верхней мантией сохранилась под каждым обломком прежнего единого материка, а пространства между материковыми обломками заполнились материалом, поступившим из глубины» **.

Однако ни сам В. В. Белоусов, ни другие геологи не считают, что гипотеза расширяющейся Земли соответствует действительности, прежде всего потому, что причина расширения Земли, сопровождающегося непрерывным приростом ее массы, лишена всяких разумных физических оснований. Что же касается сходства береговых линий (или шельфов) материков, то оно, по-видимому, может быть объяснено действием кориолисовых сил *** в процессах формирования ма-

---

* «Земля и Вселенная», 1967, № 1, стр. 29.

** Там же, стр. 30.

*** Кориолисовы силы — инерционные силы вращения, заставляющие отклоняться реки, воздушные и морские течения, текущие в меридиональном направлении в северном полушарии против, в южном — по часовой стрелке.— *Прим. ред.*

териков. Эта идея, защищаемая Ю. Г. Решетовым, впрочем, нуждается в количественном обосновании.

Следует заметить, что наряду с гипотезой расширяющейся Земли существует гипотеза ее прогрессирующего сжатия, развиваемая советским геологом В. Е. Хаиным. Это сжатие вызвано гравитационным уплотнением нашей планеты и выделением из ее недр водяных паров и газов. Главное направление развития Земли, по В. Е. Хаину, выражается в переходе от бескоровой Земли к базальтовой океанической коре, а затем к материковым платформам *.

В настоящее время имеет некоторое число сторонников еще одна гипотеза, впервые высказанная крупным русским геологом П. Н. Чирвинским в 1913 году. Ввиду того что геосферы Земли находятся в разном агрегатном состоянии, разные ее оболочки вращаются с разной скоростью, что, разумеется, способствует возникновению напряжений, вполне обеспечивающих любые тектонические явления на Земле — возникновение трещин, складчатости и т. д., не говоря уже о землетрясениях и процессах более мелкого масштаба. Кроме того, «проворачивание» земной коры по подстилающей оболочке может объяснить и изменение границ климатических и ландшафтных зон за геологическую историю, свидетельств чего или по крайней мере объяснения фактов геология накопила достаточно.

Ныне концепцию «проскальзывания» земной коры и подстилающей ее части мантии по пластичному веществу астеносферы академик А. А. Михайлов привлекает для объяснения общего дрейфа полюсов по Вашингтонскому меридиану. Правда, здесь не ясна не только количественная сторона, но и причина: почему это верхние слои Земли соскальзывают с субстрата не в направлении вращения планеты, а поперек него?

Как бы то ни было, но уже само обилие гипотез говорит о том, что причины, создавшие современный лик Земли, направление действующих сил, еще далеко не выяснены. Безусловно лишь одно: велика роль процессов дифференциации в жизни Земли, а также то, что мобилизм — основа этой жизни, хотя мобилизм и не столь примитивный, как тот, о котором говорит гипотеза Вегенера.

---

* Подробнее см. *А. М. Рябчиков*. Структура и динамика геосферы. М., 1972, стр. 73—76.

СОЛНЕЧНЫЕ РИТМЫ И ГЕОЛОГИЯ

Солнечное излучение — электромагнитное и корпускулярное — вот тот могучий фактор, который играет огромную роль в жизни Земли как планеты. Солнечный свет и солнечное тепло создали условия для формирования биосферы и продолжают поддерживать ее существование. С удивительной чуткостью все земное — и живое и неживое — реагирует на изменения солнечного излучения, на его своеобразную и сложную ритмику. Так было, так есть и так будет до тех пор, пока человек не сумеет внести свои коррективы в солнечно-земные связи.

Сравним Солнце со... струной. Это позволит уяснить физическую суть ритмики Солнца и отражение этой ритмики в истории Земли.

Вы оттянули середину струны и отпустили ее. Колебания струны, усиленные резонатором (декой инструмента), породили звук. Состав этого звука сложный: ведь колеблется, как известно, не только вся струна в целом, но одновременно и ее части. Струна в целом порождает основной тон. Половинки струны, колеблясь быстрее, издают более высокий, но менее сильный звук — так называемый первый обертон. Половинки половинок, то есть четверти струны, в свою очередь рождают еще более высокий и еще более слабый звук — второй обертон и так далее. Полное звучание струны складывается из основного тона и обертонов, которые в разных музыкальных инструментах придают звуку различный тембр, оттенок.

По гипотезе известного советского астрофизика профессора М. С. Эйгенсона *, когда-то, миллиарды лет назад, в недрах Солнца начал действовать тот самый протон-протонный цикл ядерных реакций, который поддерживает лучеиспускание Солнца и в современную эпоху; переход к этому циклу, вероятно, сопровождался какой-то внутренней перестройкой Солнца. От прежнего состояния равновесия оно скачкообразно перешло к новому. И при этом скачке Солнце «зазвучало», как струна. Слово «зазвучало» следует понимать, конечно, в том смысле, что в Солнце, в его исполинской массе, возникли какие-то ритмические колебательные процессы. Начались циклические переходы от активности к пассивности и обратно. Возможно, эти сохранившиеся до

---

* См. *М. С. Эйгенсон.* Очерки физико-географических проявлений солнечной активности. Львов, 1957.

наших дней колебания и выражаются в циклах солнечной активности.

Внешне, по крайней мере для невооруженного глаза, Солнце кажется всегда одним и тем же. Однако за этим внешним постоянством скрываются относительно медленные, но существенные изменения.

Прежде всего они выражаются в колебании числа солнечных пятен, этих локальных, более темных областей солнечной поверхности, где из-за ослабленной конвекции солнечные газы несколько охлаждены и потому вследствие контраста кажутся темными. Обычно астрономы подсчитывают для каждого момента наблюдений не общее число видимых на солнечном диске пятен, а так называемое число Вольфа, равное числу пятен, сложенному с удесятеренным числом их групп. Характеризуя суммарную площадь солнечных пятен, число Вольфа циклически меняется, достигая максимума в среднем через каждые 11 лет*. Чем больше число Вольфа, тем выше солнечная активность. В годы максимума солнечной активности солнечный диск обильно усеян пятнами. Все процессы на Солнце становятся бурными. В солнечной атмосфере чаще образуются протуберанцы — фонтаны раскаленного водорода с небольшой примесью других элементов. Чаще появляются солнечные вспышки, эти мощнейшие взрывы в поверхностных слоях Солнца, при которых «выстреливаются» в пространство плотные потоки солнечных корпускул — протонов и других ядер атомов, а также электронов. Корпускулярные потоки — солнечная плазма. Они несут с собою «вмороженное» в них слабое магнитное поле напряженностью 10^{-4} эрстед. Достигая на вторые сутки, а то и раньше Земли, они будоражат земную атмосферу, возмущают магнитное поле Земли. Усиливаются и другие виды излучения Солнца, и на солнечную активность чутко отзывается Земля.

Если Солнце подобно струне, то циклов солнечной активности заведомо должно быть много. Какой-то из них, самый продолжительный и самый большой по амплитуде, задает «основной тон». Циклы меньшей продолжительности, то есть «обертоны», должны обладать все меньшей и меньшей амплитудой.

Разумеется, аналогия со струной неполная. Все колеба-

---

* Некоторые исследователи связывают эту периодичность, как и более мелкую, трехлетнюю, с гравитационным воздействием планет, находящихся в противостоянии. Одиннадцатилетний цикл сопоставляется с временем обращения Юпитера.— *Прим. ред.*

ния струны имеют строго определенные периоды, в случае Солнца можно говорить только о некоторых, лишь в среднем определенных циклах солнечной активности. И все-таки разные циклы солнечной активности должны быть в среднем пропорциональны друг другу. Как это ни удивительно, ожидаемое сходство Солнца и струны подтверждается фактами.

Одновременно с одиннадцатилетним четко выраженным циклом на Солнце действует и другой, удвоенный, двадцатидвухлетний цикл. Он проявляется в смене магнитных полярностей солнечных пятен.

Каждое солнечное пятно — сильный «магнит» напряженностью в несколько тысяч эрстед. Обычно пятна возникают близкими парами, причем линия, соединяющая центры двух соседних пятен, параллельна солнечному экватору. Оба пятна имеют разную магнитную полярность. Если переднее, головное (по направлению вращения Солнца) пятно обладает северной магнитной полярностью, то у следующего за ним пятна полярность южная.

Замечательно, что на протяжении каждого одиннадцатилетнего цикла все головные пятна разных полушарий Солнца имеют разную полярность. Раз в 11 лет, как по команде, совершается смена полярностей у всех пятен, а значит, первоначальное состояние повторяется через каждые 22 года. Мы не знаем, в чем причина этого явления, но реальность его несомненна.

Действует и утроенный, тридцатитрехлетний цикл. Пока неясно, в каких солнечных процессах он выражен, но его земные проявления давно известны. Так, например, особенно суровые зимы повторяются каждые 33—35 лет. Такой же цикл отмечен в чередовании сухих и влажных лет, колебаниях уровня озер и, наконец, в интенсивности полярных сияний — явлений, заведомо связанных с Солнцем.

На спилах деревьев заметно чередование толстых и тонких слоев — опять со средним интервалом в 33 года. Некоторые исследователи (например, Г. Лунгерсгаузен) считают, что тридцатитрехлетние циклы отражаются и в слоистости осадочных отложений. Во многих осадочных породах наблюдается микрослоистость, обусловленная сезонными изменениями. Зимние слои тоньше и более светлы вследствие обедненности органическим материалом, весенне-летние — толще и темнее, так как они отлагались в период более энергичного проявления факторов выветривания пород и жизнедеятельности организмов. В морских и океанических биогенных отложениях такие явления тоже наблюдаются, так

как в них накапливаются остатки микроорганизмов, которых в период вегетации всегда значительно больше, чем в зимний период (или в сухой период в тропиках). Таким образом, в принципе каждая пара микрослоев соответствует одному году, хотя бывает, что году могут соответствовать и две пары слоев. Отражение сезонных изменений в осадконакоплении прослеживается на протяжении почти 400 млн. лет — с верхнего девона до наших дней, впрочем, с довольно длительными перерывами, занимающими иногда десятки миллионов лет (например, в юрском периоде, окончившемся около 140 млн. лет назад).

Сезонная слоистость связана с движением Земли вокруг Солнца, наклоном земной оси вращения относительно плоскости ее орбиты (или солнечного экватора, что практически одно и то же), характером циркуляции атмосферы и многим другим. Но как мы уже упоминали, некоторые исследователи видят в сезонной слоистости и отражение тридцатитрехлетних циклов солнечной активности, хотя если и можно говорить об этом, то только для так называемых ленточных отложений (в глинах и песках) эпохи последнего оледенения. Но если это так, то получается, что по меньшей мере миллионы лет действует удивительный и пока плохо нами изученный механизм солнечной активности *. Следует все же еще раз заметить, что в геологических отложениях трудно вполне четко выделить какие-либо определенные циклы, связанные с солнечной активностью. Колебания климата в давние эпохи связаны прежде всего с изменениями на поверхности Земли, с увеличением или, наоборот, уменьшением общей площади морей и океанов — этих главных аккумуляторов солнечного тепла. Действительно, ледниковым эпохам всегда предшествовала высокая тектоническая активность земной коры. Но эта активность в свою очередь (о чем будет сказано далее) может стимулироваться повышением солнечной активности. Об этом как будто говорят данные последних лет. Во всяком случае в этих вопросах еще много неясного, и потому дальнейшие рассуждения в этой главе следует рассматривать лишь как одну из возможных гипотез.

Еще в прошлом веке было замечено, что максимумы солнечной активности не всегда одинаковы. В изменениях величин этих максимумов намечается «вековой» или, точнее, 80-летний цикл, примерно в семь раз больший одиннадцати-

* Подробнее см. сб. «Проблемы планетарной геологии». М., 1963.

летнего. Если «вековые» колебания солнечной активности сравнить с волнами, циклы меньшей продолжительности будут выглядеть как «рябь» на волнах.

«Вековой» цикл достаточно ясно выражен в частоте солнечных протуберанцев, колебаниях их средних высот и других явлениях на Солнце. Но особенно примечательны его земные проявления.

«Вековой» цикл ныне выражается в очередном потеплении Арктики и Антарктики. Через некоторое время потепление сменится похолоданием, и эти циклические колебания продолжатся неопределенно долго. «Вековые» колебания климата отмечены и в истории человечества, в летописях и других исторических хрониках. Порой климат становился необычно суровым, порой непривычно мягким. Так, например, в 829 году покрылся льдом даже Нил, а с XII по XIV век несколько раз замерзало Балтийское море. Наоборот, в 1552 году необычно теплая зима осложнила поход Ивана Грозного на Казань. Впрочем, в колебаниях климата замешан не только «вековой» цикл.

Если на графике изменений солнечной активности соединить прямыми точки максимумов и точки минимумов двух соседних «вековых» циклов, то окажется, что обе прямые почти параллельны, но наклонены к горизонтальной оси графика. Иначе говоря, намечается какой-то длительный, многовековой цикл, продолжительность которого удается установить лишь средствами геологии.

На берегах Цюрихского озера есть древние террасы — высокие обрывы, в толще пород которых хорошо различимы слои разных эпох. И в этой слоистости осадочных пород, по-видимому, зафиксирован 1800-летний ритм. Тот же ритм заметен в чередовании илистых отложений, движении ледников, колебаниях увлажненности и, наконец, в циклических изменениях климата.

В книге советского географа профессора Г. К. Тушинского * обобщено все известное о 1800-летнем цикле, а главное, прослежены его проявления в истории Земли. Здесь упомянем лишь кратко, что с 1800-летним циклом, вероятно, связаны периодические усыхания и увлажнения Сахары, сильное и длительное потепление Арктики, во время которого норманны заселили Гренландию (Зеленую землю) и открыли Америку. На волнах 1800-летнего цикла даже «вековой» цикл выглядит «рябью».

---

* См. *Г. К. Тушинский*. Космос и ритмы природы Земли. М., 1966.

Если средняя температура Земли понизится всего на четыре-пять градусов, наступит новая ледниковая эпоха. Ледовые панцири покроют почти всю Северную Америку, Европу и бо́льшую часть Азии. Наоборот, повышение среднегодовой температуры Земли всего на два-три градуса заставит растаять ледяной покров Антарктиды, что повысит уровень Мирового океана на 70 м со всеми вытекающими отсюда катастрофическими последствиями (затоплением значительной части материков). Таким образом, небольшие колебания средней температуры Земли (всего в несколько градусов) могут бросить Землю в объятия ледников или, наоборот, большую часть суши покрыть океаном.

Хорошо известно, что в истории Земли много раз повторялись ледниковые эпохи и периоды, а между ними наступали эпохи потепления. Это были очень медленные, но грандиозные климатические изменения, на которые накладывались меньшие по амплитуде, но зато более частые и быстрые колебания климата, когда ледниковые периоды сменялись периодами теплыми и влажными.

Интервалы между ледниковыми эпохами или периодами можно характеризовать лишь в среднем: ведь и здесь действуют циклы, а не точные периоды. По исследованиям советского геолога Г. Ф. Лунгерсгаузена, ледниковые эпохи повторялись в истории Земли примерно каждые 180—200 млн. лет (по другим оценкам, 300 млн. лет). Ледниковые же периоды в пределах ледниковых эпох чередуются чаще, в среднем через несколько десятков тысяч лет. И все это зафиксировано в толще земной коры, в отложениях пород различного возраста.

Причины смены ледниковых эпох и периодов достоверно неизвестны. Предложено немало гипотез, объясняющих ледниковые циклы космическими причинами. В частности, некоторые ученые полагают, что, обращаясь вокруг центра Галактики с периодом в 180—200 млн. лет *, Солнце вместе с планетами регулярно проходит через толщу плоскости рукавов Галактики, обогащенных пылевой материей, которая ослабляет солнечное излучение. Однако на галактическом пути Солнца не видно туманностей, которые могли бы играть роль темного фильтра. А главное, космические пылевые туманности столь разрежены, что, погрузившись в них, Солн-

---

* По некоторым современным оценкам, этот период может быть существенно больше (до 280—300 млн. лет).— *Прим. ред.*

це для земного наблюдателя осталось бы по-прежнему ослепительно ярким.

По гипотезе М. С. Эйгенсона, все циклические колебания климата, начиная от самых незначительных и кончая чередующимися ледниковыми эпохами, объясняются одной причиной — ритмичными колебаниями солнечной активности. А так как в этом процессе Солнце подобно струне, то и в колебаниях земного климата должны проявиться все циклы солнечной активности — от «основного» цикла в 200 или 300 млн. лет * до самого короткого, одиннадцатилетнего. Сам же «механизм» воздействия Солнца на Землю в этом случае сводится к тому, что колебания солнечной активности тотчас же вызывают изменения геомагнитосферы и циркуляции земной атмосферы.

Если бы Земля не вращалась, циркуляция воздушных масс была бы предельно простой. В теплой тропической зоне Земли нагретый и потому менее плотный воздух поднимается вверх. Разность давлений у полюса и экватора заставляет эти воздушные массы устремиться к полюсу. Здесь, охладившись, они опускаются вниз, чтобы затем снова переместиться к экватору. Так в случае неподвижности Земли работала бы «тепловая машина» планеты.

Осевое вращение Земли и обращение ее вокруг Солнца осложняют эту идеализированную картину. Под действием так называемых кориолисовых сил (заставляющих реки, текущие в меридиональном направлении, в северном полушарии размывать правый берег, а в южном — левый) воздушные массы циркулируют от экватора к полюсу и обратно по спиралям. В те же периоды, когда воздух у экватора нагревается особенно сильно, возникает волновая циркуляция воздушных масс. Спиралеобразное движение сочетается с

---

* Последние эксперименты Р. Дэвиса (США) показали, что поток нейтрино от Солнца в несколько раз меньше, чем должен быть по теоретическим расчетам («Природа», 1973, № 4, стр. 100). Советский физик М. Г. Щепкин нашел, что если температура внешних слоев Солнца периодически меняется и этот период заметно меньше времени, за которое квант света — фотон диффундирует из ядра к поверхности (то есть в среднем меньше $3 \cdot 10^4$ лет), то колебания температуры ядра слабо скажутся на поверхности, точнее, на светимости Солнца. В то же время выход нейтрино сильно зависит от температуры, а так как проницаемость его очень велика, то падение числа нейтрино меняется без задержки вслед за изменением в ядре Солнца. Колебания хода термоядерной реакции в ядре, возможно, зависят от перемешивания в нем вещества (см. «Журнал экспериментальной и теоретической физики», т. 17, 1973, вып. 4, стр. 226). Возможно, эти факты свидетельствуют в пользу гипотезы Эйгенсона.— *Прим. ред.*

волновым, и потому направление ветров постоянно меняется. К тому же неравномерный нагрев различных участков земной поверхности и рельеф усложняют и эту непростую картину. Если воздушные массы перемещаются параллельно земному экватору, циркуляция воздуха называется зональной, если вдоль меридиана — меридиональной.

Для одиннадцатилетнего солнечного цикла доказано, что с повышением солнечной активности ослабляется зональная циркуляция и усиливается меридиональная. Земная «тепловая машина» работает энергичнее, усиливая теплообмен между полярными и экваториальной зонами. Если в стакан с холодной водой налить немного кипятку, то вода скорее нагреется в том случае, если ее размешать ложкой. По той же причине в периоды повышенной солнечной активности «взбудораженная» солнечным излучением атмосфера обеспечивает в среднем более теплый климат, чем в годы «пассивного» Солнца *.

Сказанное верно для любых солнечных циклов. Но чем длиннее цикл, тем сильнее реагирует на него земная атмосфера, тем значительнее меняется климат Земли.

«Космическая причина ледниковых или, лучше, холодных эпох,— пишет М. С. Эйгенсон,— никак не может заключаться в снижении температуры. Дело обстоит «лишь» в падении интенсивности меридионального воздухообмена и в обусловленном этим падением росте меридионального термического градиента...» **

Поэтому физической первоосновой климатических различий является общая циркуляция атмосферы.

---

* Недавно сотрудники Колумбийского университета (США) провели сопоставление изменений напряженности геомагнитного поля и климата, проанализировав сведения за тысячу лет, и особенно данные 200 обсерваторий с начала XX века. Обнаружен заметный параллелизм колебаний температур и геомагнитного поля, особенно в годовых и десятилетних периодических изменениях. Установлено, что с 1930 года в северном полушарии интенсивность геомагнитного поля возрастает, а в южном — уменьшается. Уменьшение интенсивности магнитного поля связано с потеплением, а увеличение — с похолоданием. Предполагается, что изменения напряженности магнитного поля могут быть обусловлены колебаниями солнечной активности («New Scientist», v. 57, 1973, № 836, p. 527; «Science News», v. 103, 1973, N 11, p. 170). Следует, однако, сказать, что в ноябре 1973 года большая группа советских ученых получила Государственную премию за открытие пьезоэффекта (возникновение электрических токов за счет сжатия) в горных породах литосферы, следствием которого являются возмущения геомагнитного поля не менее сильные, чем те, которые вызывают солнечные вспышки. Следовательно, и этот эффект должен вызывать климатические изменения.— *Прим. ред.*

** *М. С. Эйгенсон.* Очерки физико-географических проявлений солнечной активности, стр. 185.

Роль солнечных ритмов в истории Земли весьма заметна *. Общая циркуляция атмосферы предопределяет скорость ветров, напряженность водообмена между геосферами, а значит, и характер процессов выветривания. Солнце влияет, очевидно, и на скорость образования осадочных пород. Но тогда, как считает М. С. Эйгенсон, геологическим эпохам с повышенной общей циркуляцией атмосферы и гидросферы должны соответствовать мягкие, мало выраженные формы рельефа. Наоборот, в длительные эпохи пониженной активности Солнца земной рельеф должен приобретать контрастность.

С другой стороны, в холодные эпохи значительные ледовые нагрузки, по-видимому, стимулируют вертикальные движения в земной коре, то есть активизируют тектоническую деятельность. Наконец, давно уже известно, что в периоды солнечной активности усиливается и вулканизм.

Даже в колебаниях земной оси (в теле планеты), как это считает И. В. Максимов, сказывается одиннадцатилетний солнечный цикл. Это, по-видимому, объясняется тем, что активное Солнце перераспределяет воздушные массы земной атмосферы. Меняется, следовательно, и положение этих масс относительно оси вращения Земли, что вызывает ее незначительные, но все же вполне реальные перемещения и изменяет скорость вращения Земли. Но если изменения солнечной активности сказываются на всей Земле в целом, то тем заметнее должно быть воздействие солнечных ритмов на поверхностную оболочку Земли.

Всякие, особенно резкие, колебания в скорости вращения Земли должны вызывать натяжения в земной коре, перемещение ее частей, а это в свою очередь может привести к возникновению трещин, что стимулирует вулканическую деятельность. Так возможно (конечно, в самых общих чертах) объяснить связь Солнца с вулканизмом и землетрясениями.

Вывод ясен: понять историю Земли, не учитывая при этом влияния Солнца, вряд ли возможно. Надо при этом, однако, всегда иметь в виду, что воздействие Солнца лишь регулирует или возмущает процессы собственного развития Земли, подчиненного своим геологическим внутренним законам. Солнце вносит лишь некоторые «поправки» в эволюцию Земли, вовсе, конечно, не являясь при этом движущей силой этой эволюции.

---

* Подробнее см. «Влияние солнечной активности на атмосферу и биосферу Земли». М., 1971; *Ф. Ю. Зигель.* Виновато Солнце. М., 1972.

ВОЗНИКНОВЕНИЕ ЖИЗНИ

В этой книге нет легких тем, но та, к которой мы приступаем, одна из труднейших. До сих пор мы описывали сцену, теперь предстоит вывести на эту сцену действующих лиц.

Как возникла жизнь? В какой момент истории Земли на ее поверхности появилось нечто небывалое — качественно новая и высшая форма материи, обладающая потенциально безграничными способностями совершенствования?

По определению Ф. Энгельса, «жизнь есть способ существования белковых тел».

Несомненно, что возникновение жизни на Земле подготавливалось всей предшествующей историей нашей планеты. Однако всякий раз (и мы в этом еще неоднократно убедимся), когда медленные количественные изменения в ходе развития материи приводят в конце концов к резкому качественному скачку, сам этот скачок ускользает от ученых. Это, конечно, не роковая и неизбежная неудача, а временная трудность, переживаемая наукой. Она вызвана сложностью «скачков», этих узловых пунктов в развитии материи, событий, пока не познанных, но, безусловно, познаваемых.

Когда-то Ф. М. Достоевский сказал, что «природа неравнодушна к красоте». Добавим, что она неравнодушна и к жизни. В недрах звезд, в межзвездном пространстве, там, где заведомо нет ни одного живого существа, непрерывно идет великий синтез тяжелых элементов, простейших, а иногда и сложных органических соединений, этих «полуфабрикатов» жизни. Так, например, в недрах Солнца водород постепенно «перегорает» в гелий. Красные гигантские звезды имеют плотные и горячие ядра, температура которых достигает 150 млн. градусов. В таких условиях гелий может путем ядерных реакций преобразовываться в углерод. Когда этот процесс завершается, по крайней мере некоторые из красных гигантов вспыхивают, превращаясь в новую звезду. В результате такой вспышки красный гигант резко сжимается, превращаясь в белого карлика, возможно, конечную стадию эволюции звезд определенного типа. Ядерные реакции в них не идут, и, постепенно остывая, белые карлики становятся черными карликами, недоступными прямому наблюдению.

Другие гигантские звезды, по массе превосходящие Солнце в несколько раз, взрываясь, как сверхновые звезды, сжимаются столь сильно и быстро, что в их атмосферах за счет

цепных ядерных реакций и мощных нейтронных потоков синтезируются, по-видимому, все тяжелые химические элементы.

«Сверхновые звезды,— писал академик В. Г. Фесенков,— представляют конечную стадию эволюции весьма массивных звезд, когда при израсходовании водорода, служащего основным топливом для выделения ядерной энергии, получается катастрофическое сжатие и температура в центре возрастает до миллиарда градусов. При таких условиях попутно с этим синтезируются различные элементы, вплоть до самых тяжелых, и во время взрыва с выбросом огромной массы вещества звезды они поступают в окружающее космическое пространство» *.

Действительно, в межзвездном пространстве астрофизические приборы до сих пор обнаружили свыше двадцати молекул, и среди них — CH, CN, OH, формальдегид и другие. В атмосферах холодных звезд кроме циана (CN) присутствуют молекулы CO и C_2. Есть CN, C_2, CH, NH, OH и в атмосфере Солнца. Все перечисленные молекулы, а также NH, NH_2 и другие встречаются и в атмосферах комет, а атмосферы планет-гигантов Юпитера и Сатурна изобилуют аммиаком (NH_3) и метаном (CH_4).

Экспериментально показано, что если смесь замороженных водяного пара, метана и аммиака бомбардировать потоком протонов, в смеси образуются сложные органические соединения (мочевина, ацетамид и ацетон). Но эти опыты моделируют условия, господствующие в космосе. Ядра комет — это рыхлые конгломераты из льдов, воды, метана и аммиака. Они непрерывно и весьма длительно бомбардируются космическими лучами — энергичными потоками протонов, нейтронов и других частиц и атомных ядер. Вряд ли можно сомневаться, что в ядрах комет абиогенным путем (то есть без всякого отношения к чему-либо живому) синтезируются сложные органические вещества.

В других опытах смесь водорода, метана, аммиака и водяных паров и некоторых других газов облучалась потоком радиоактивного, ультрафиолетового излучений, подвергалась воздействию медленных электрических разрядов на протяжении недель. В результате таких экспериментов в смеси появлялись сложные соединения, аминокислоты, которые входят в состав белков. Не такие ли процессы совершались в первичной атмосфере Земли?

---

* Сб. «Жизнь вне Земли и методы ее обнаружения». М., 1970, стр. 8.

Богаты органикой некоторые метеориты, в особенности так называемые углистые хондриты. Кроме различных битуминозных соединений углистые хондриты содержат даже цитозин — одно из четырех оснований, носителей «кода жизни» в молекуле ДНК (дезоксирибонуклеиновой кислоты), аминокислоты и другие высокомолекулярные органические соединения. Правда, как правило, впоследствии обнаруживалось, что аминокислоты были результатом загрязнения метеорного вещества земными соединениями, а те органические сложные соединения, которые образовались в веществе метеоритов в космических условиях, обладают противоположной земному биогенному веществу оптической симметрией.

Все же получается, что в космосе достаточно обильно представлены те органические вещества, из которых (хотя бы в принципе) могло образоваться живое. Но в возникновении жизни на Земле главная роль, по-видимому, принадлежала тем процессам органического синтеза, которые происходили когда-то на поверхности нашей планеты.

«Конечно, Земля как в прошлом, так и сейчас «подкармливалась» и «подкармливается» метеоритной и кометной органикой,— пишет академик А. И. Опарин,— но все же, наряду с этой экзогенной органикой, главное значение, по-видимому, принадлежит собственно «эндогенным» органическим веществам Земли, возникшим в процессе формирования Земли как планеты» *.

Гипотеза академика А. И. Опарина широко известна. Она рассматривает возникновение жизни как закономерный этап эволюции углеродистых соединений на нашей Земле. Согласно его концепции, как и других, близких гипотез, первичная атмосфера Земли состояла главным образом из углекислого газа, водяных паров, метана, аммиака с примесью сероводорода и прочих соединений. Постоянно бушевавшие грозы, ультрафиолетовое излучение Солнца, которое тогда достигало поверхности земного шара вследствие отсутствия озонового слоя (защищающего ее с тех пор, как атмосфера обогатилась свободным кислородом), обусловили формирование сложных органических соединений, аминокислот и, возможно, нуклеотидов. Вместе с осадками эти соединения выпадали в первичный океан, постепенно превратившийся в «бульон» с молекулами сложных соединений.

Однако исследования последних лет поставили под сомнение предположение о составе первичной атмосферы. До-

* Сб. «Абиогенез и начальные стадии эволюции жизни». М., 1968.

минирующее положение занимали углекислый газ CO_2 и N. Высокое содержание метана CH_4 и аммиака NH_3 в истории Земли могло иметь место не более 10—100 тыс. лет, так как они быстро распадались за счет окисления. Свободный кислород в атмосфере нашей планеты был уже на очень раннем этапе ее развития: об этом свидетельствует наличие в древнейших породах окислов железа и сульфатов. Поэтому описанный выше путь возникновения сложных органических соединений, как многие считают, вряд ли был возможным.

Интересную гипотезу недавно предложил советский исследователь Л. М. Мухин. По его мнению, подводные вулканы играли немалую роль в синтезе сложных органических молекул. При извержениях подобных вулканов выделяются не только пеплы, вулканические бомбы, лавы, но и такие соединения, как CO, CH_4, H_2O, CO_2, H_2S и другие, необходимые для синтеза более сложных органических веществ. Этому синтезу способствуют также повышенные температура и давление в жерлах вулканов, а океан обеспечивал стабильность образовавшихся соединений (формальдегида и др.). Твердые частицы, выбрасываемые вулканом, способствовали концентрации и полимеризации органики. Как показал Л. М. Мухин, в зоне подводных вулканов могли образовываться альдегиды, углеводы и другие сложные органические вещества, так что подводный вулканизм мог сыграть не последнюю роль в создании «полуфабрикатов» жизни.

Дальнейшая история сходна с общепринятой: сложные органические соединения попадали в воды океана, образуя тот «питательный бульон», в котором, вероятно, и возникла жизнь.

Этот «бульон» не оставался однородным. Благодаря присущей высокомолекулярным веществам способности к самопроизвольной концентрации, в первичных морях и океанах, а скорее даже в небольших, спокойных и мелких водоемах возникли каплеобразные сгустки, коацерватные капли. Они, конечно, не были простейшими живыми существами. Но они обладали рядом свойств, напоминающих живое.

По исследованиям А. И. Опарина и других ученых, коацерватные капли имитируют некоторые жизненные процессы, У них наблюдается своеобразный обмен веществ с внешней средой. Они могут расти, усложняться или, наоборот, деградировать. Среди коацерватных капель наблюдается даже нечто похожее на борьбу за существование, в результате которой остаются победителями капельки более устойчивые, более приспособленные к внешней среде.

Надо заметить, что в опытах американского исследователя З. Фокса аминокислоты удалось синтезировать без воды из газов, в обстановке, имитирующей вулканические условия. Однако дальнейшая эволюция высокомолекулярных полимеров из аминокислот немыслима без водной среды, без образования коацерватных капель или каких-то подобных им структур, например жидких кристаллов.

А. И. Опарин указывает, что со временем происходило не только разрастание коацерватов, но и постепенное совершенствование их организации. В конечном итоге это привело к возникновению таких образований, строение которых было уже значительно совершеннее, чем строение динамически устойчивых коацерватных капель, но все еще несравненно проще даже самых простых из известных нам в настоящее время микробов *.

Но здесь как раз мы и подошли к самому трудному и по существу главному вопросу: каким образом мертвые коацерватные капли превратились в живые микроорганизмы? Как был совершен этот скачок?

Главный признак живого организма заключается в способности к воспроизведению самого себя. Но у коацерватных капель это свойство отсутствует. Нет у них и другой характерной для всего живого черты — способности к самообновлению своего состава. Похоже, что коацерватные капли лишь кое в чем напоминают живое, оставаясь при этом мертвыми.

«С гипотезой А. И. Опарина в настоящее время трудно согласиться,— пишет известный советский астрофизик И. С. Шкловский.— Наличие аналогов обмена веществ и «естественного отбора» у коацерватов еще не есть доказательство того, что они могли привести к образованию первых примитивных живых организмов. Основными свойствами всякого живого организма помимо обмена веществ является наличие «копировальной системы», «кода», передающего по наследству все характерные признаки данной особи. Между тем у коацерватов ничего подобного нет.

Как произошел качественный скачок от неживого к живому, гипотеза А. И. Опарина совершенно не объясняет. Только привлечение основных представлений современной молекулярной биологии, а также кибернетики может помочь решению этой важнейшей, основной проблемы. Важ-

---

См. * *А. И. Опарин.* Современные данные о происхождении жизни. М., 1966.

ным вопросом является возможность синтеза ДНК в условиях первобытной Земли»*.

В самом деле, молекулы дезоксирибонуклеиновой (ДНК) и рибонуклеиновой (РНК) кислот определяют одно из важнейших свойств жизни. Как ДНК, так и РНК являются носителями генетической информации, причем РНК превращает эту информацию в конкретные молекулы белка. То есть, ДНК и РНК программируют все свойства организма — от внешней формы до самых тонких физиологических реакций. Удивительно то, что код этой программы универсален: он одинаков для любых групп организмов — от вирусов до человека.

С другой стороны, любая жизнедеятельность требует затраты энергии. Поставляют эту энергию молекулы аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ). Она содержится в каждой клетке животных и растений. Без этого универсального энергетического вещества немыслима жизнь (по крайней мере в белковой ее форме). Значит, кроме ДНК и РНК в первичные живые организмы должны были на какой-то стадии попасть и молекулы АТФ.

Конечно, все эти главные для жизни молекулы первоначально могли быть проще современных и процесс воспроизведения себе подобных шел у них гораздо медленнее, чем теперь. Но сам факт «сборки» на одной молекуле другой, ей подобной, означал великую революцию в истории Земли: родился новый принцип, обеспечивший дальнейший ход органической эволюции. Новые молекулы отныне синтезировались в соответствии с программой, заложенной в структуре предсуществующей молекулы.

Вирус — нечто стоящее на грани живого и неживого. То ли это вещество, обладающее свойствами существа, то ли существо со свойствами вещества? В клетке вирус паразитирует, а значит, ведет себя как существо, вне клетки он мертв, как камень.

Современные вирусы в бездеятельном состоянии принимают кристаллическую форму. Вполне возможно, что именно вирусы или вирусоподобные организмы были первыми обитателями Земли, возникшими из жидкокристаллических структур. Это предположение имеет достаточные основания, так как у некоторых жидкокристаллических структур при введении в них ферментов, выделенных из

---

* *И. С. Шкловский.* Вселенная, жизнь, разум. М., 1973, стр. 166; см. также сб. «Населенный Космос». М., 1972.

клеток, наблюдаются некоторые псевдобиологические процессы *.

У вируса табачной мозаики есть только одна нуклеиновая кислота — РНК. Но она работает за двоих, выполняя и передачу наследственной информации, и синтез белка. Может быть, жизнь на Земле первоначально зародилась в форме подобных вирусов?

Рассматривалась и другая проблема: может быть, раньше всего кодирование свойств и воспроизводство организмов происходило на иной основе — например, нуклеотидов — отдельных молекул, из которых строятся более сложные? Однако теоретический анализ показывает, что это предположение очень мало вероятно.

До недавнего времени был неясен также механизм образования длинных, сложных цепочек органических молекул, без чего нельзя было представить пути формирования ДНК или РНК. Потом было показано, что форма сложных молекул обусловлена свойствами белков, а совсем недавно выяснилось, что их «сшивка» в длинные цепочки происходит, например, под воздействием ударной волны. А поскольку похоже, что формирование жизни происходило в процессе формирования древнейшей земной коры, которая в свою очередь является результатом бурной магматической и вулканической активности первозданной Земли, то недостатка в постоянно возникающих ударных волнах огромной силы на нашей планете не было. Очевидно, что это обстоятельство свидетельствует в пользу гипотезы Л. М. Мухина.

Сложность проблемы происхождения жизни заключается не только в проблеме возникновения механизмов кодирования. Неясным представляется также, каким образом сформировались и вошли в структуру организма гормоны. Эта проблема пока еще не решена.

Наконец, неясно происхождение характера симметрии живого вещества — от «основных кирпичиков» — аминокислот до асимметрии самих форм организмов. Дело в том, что земное живое состоит только из «левых» форм молекул, то есть таких молекул, которые вращают плоскость поляризации света влево, против часовой стрелки. Было высказано много гипотез о происхождении оптической симметрии живого — от предположения, что на характер симметрии оказали влияние те минералы, вместе с которыми первоначаль-

---

* Подробнее см. *Ю. Г. Решетов.* Природа Земли и происхождение человека. М., 1966.

но возникало живое, до гипотезы о том, что симметрия зависит от вращения частиц, входящих в состав живого. Но все эти гипотезы имеют один недостаток: они предполагают случайность образования симметрии живого, а это неизбежно ведет к идее о случайном, уникальном феномене возникновения жизни, что вряд ли соответствует действительности и несостоятельно с философской точки зрения.

В самом деле, если элементы, из которых состоит живое на Земле, широко распространены во Вселенной (в метеоритном веществе, в веществе комет и даже в межзвездной среде, а по последним данным — и в межгалактической среде), раз «кирпичики жизни» — аминокислоты и многие сложные органические вещества (например, сахара, некоторые гормональные образования) сравнительно легко образуются под воздействием многих видов энергии (электрической, радиоактивного, ультрафиолетового излучений и т. п.), а их полимеризация происходит под действием простых ударных волн, то возникновение жизни не может быть случайным явлением. И вряд ли наша планета представляет единственное, неповторимое явление в этом отношении.

В последнее время выдвинулась еще одна проблема. Дело в том, что ученым (в Англии, например) удалось «собрать» клетку (правда, из уже готовых, а не синтезированных «деталей»), но она «не работала», пока в нее не ввели генетическое вещество из живой, действующей клетки. Совсем недавно осуществлен и обратный опыт: в живую клетку, из которой извлекли генетическое вещество, ввели искусственно созданную молекулу ДНК, и она начала функционировать. Но еще никому не удалось, несмотря на то что ныне уже лабораторно синтезируются многие необходимые для построения живого молекулы, создать целиком искусственное хотя бы подобие примитивного организма. Поэтому возник вопрос о механизме «запуска» живой клетки. Об этом механизме отсутствуют хотя бы сколько-нибудь конструктивные предположения — некоторые из идеалистически настроенных исследователей договорились даже до существования некоей особой «жизненной силы». Из других, более научных идей, возможно, имеет смысл предположение об изначально специфически высоковозбужденном состоянии молекул, из которых некогда возникли первые организмы. В пользу этого предположения говорит то, что сами эти молекулы могли возникнуть лишь при затрате большого количества энергии, а Земля в эпоху возникновения жизни находилась в состоянии высокой активности.

Неудачи в этом направлении пока неизбежны, потому что, как это ни удивительно, но и что такое жизнь, мы пока вполне удовлетворительно определить не в состоянии. Существует немало определений, раскрывающих отдельные свойства живого, но никем еще не дано определение жизни во всей ее полноте.

«В науке отсутствует определение понятия «жизнь», охватывающее все ее стороны и объясняющее ее сущность исходя из уже известных понятий...— констатирует академик В. А. Энгельгардт.— С неизбежностью мы должны остаться на том определении, которое гласит, что жизнь — это наивысшая из известных нам форм движения материи, достигнутая ею в процессе эволюции» *.

Это философское определение не касается, как отмечает сам В. А. Энгельгардт, конкретного содержания понятия «жизнь», ее сущности. Ранее приведенное нами определение Ф. Энгельса также слишком общее, оно могло удовлетворять нас на уровне знаний прошлого и первой половины нынешнего века, но недостаточно для уровня знаний нашего времени. Поэтому в дальнейшем, в комментариях к этому определению, В. А. Энгельгардт дополняет общую картину живого вполне конкретными чертами.

Он подчеркивает, что наиважнейшее качество всего живого — это упорядоченность и что в способности живого создавать порядок из хаотического теплового движения молекул состоит коренное отличие живого от неживого.

Советские философы, развивая определение Ф. Энгельса, считают, что «жизнь представляет собой способ существования белковых тел и нуклеиновых кислот, содержанием которого являются непрерывный обмен веществ между организмом и окружающей средой, процессы отражения и саморегуляции, направленные на самосохранение и воспроизводство организмов» **.

Можно ли, однако, утверждать, что всегда и всюду живые организмы состоят из белков? Для нашей планеты иных форм жизни мы не знаем, но это не означает, что во Вселенной все явления жизни всегда и непременно «привязаны» к белковому субстрату. Давно известно, что некоторые аналоги органических углеродистых соединений могут быть теоретически построены, например, на кремниевой основе.

---

* *В. А. Энгельгардт.* Проблема жизни в современном естествознании.— Сб. «Ленин и современное естествознание». М., 1969, стр. 264.

** «Основы марксистско-ленинской философии». М., 1973, стр. 64.

Теоретически предполагались и «аммиачные» организмы с экзотическими свойствами, совсем не похожими на поведение известных нам живых существ *. Реализовала ли природа где-нибудь эти теоретические схемы, пока неизвестно. Однако аммиачные организмы могли бы существовать лишь при низких температурах, а это значило бы, что энергетическое обеспечение высокоразвитых существ было бы недостаточным. По ряду причин также сомнительна и жизнь на кремниевой основе. Но некоторая возможность существования иных форм жизни, чем наша земная, заставляет многих ученых формулировать определение жизни безотносительно к какому-нибудь конкретному ее вещественному носителю.

Если стать на такую позицию, то живое должно отличать от неживого не по тому, «из чего» состоит данный объект, а по тому, что он «умеет делать».

Иначе говоря, определение жизни должно быть не субстанциональным, а функциональным. Известный советский математик А. А. Ляпунов характеризовал жизнь как «высокоустойчивое состояние вещества, использующее для выработки сохраняющих реакций информацию, кодируемую состояниями отдельных молекул» **. Такое определение живого не связано с конкретным веществом, и поэтому оно может быть применено как к реальным белковым организмам, так и к теоретически мыслимым существам на другой основе. Следовательно, оно может рассматриваться как расширение того определения жизни, которое дал Ф. Энгельс.

В обстоятельной монографии В. Н. Веселовского «О сущности живой материи» («Мысль», 1971) показано, что и различные функциональные определения жизни сегодня еще далеки от совершенства, хотя стремление отвлечься от частных особенностей земных форм жизни В. Н. Веселовский считает достоинством «функционального подхода».

Жизнь (судя по земному опыту) проявляет себя как непрерывно разрастающийся центр упорядоченности в менее упорядоченной Вселенной. Жизнь неустанно борется с хаосом, распадом, смертью. Отдавая смерти мириады живых или когда-то живших особей, жизнь все же торжествует победу в преемственности поколений.

Наука накопила достаточное количество фактов, свидетельствующих о том, что жизнь возникла в результате несчетного количества реакций на протяжении не менее чем

---

* См. *В. Фирсов.* Жизнь вне Земли. М., 1966, стр. 164—189.

** *И. С. Шкловский.* Вселенная, жизнь, разум. М., 1973, стр. 155.

миллиарда лет и развитие ее распадается на два крупных этапа — этап химической эволюции, продолжавшийся до возникновения первых организмов, и этап биологической эволюции, продолжающийся и в наше время.

Возникновение жизни было результатом длительной эволюции Вселенной. В невообразимой энергии от вспышки «первовзрыва», в разгорающихся и взрывающихся звездах, в мощнейших ускорителях космических магнитных полей рождались все более сложные элементы и соединения, без которых не могли возникнуть планеты и живое вещество. И наконец, в процессе бурного развития планет появилась жизнь.

Вряд ли случайно жизнь на нашей Земле родилась на основе элементов, наиболее широко распространенных во Вселенной. Сам этот факт свидетельствует и о том, что и на иных планетах, в других звездных мирах вероятнее всего жизнь существует в такой же белковой форме, как и на нашей Земле.

Непрерывно растет в массе и совершенствуется живое вещество Земли — совокупность населяющих ее организмов. В этом нас прежде всего убеждает эволюция органического мира нашей планеты.

ПУТЬ ЭВОЛЮЦИИ

Итак, появление жизни на Земле было результатом длительного развития Вселенной и нашей планеты. Но сколько времени прошло от эпохи, когда Земля закончила свое формирование, до эпохи формирования жизни? Каков возраст Земли и жизни?

Обычно для возраста Земли называют величину от 4,5 млрд. до 5 млрд. лет. Но еще О. Ю. Шмидт считал, что наша планета сформировалась не менее чем 6—7,6 млрд. лет назад, а В. Г. Фесенков (1964), исходя из современных соотношений количества радиоактивных элементов и продуктов их распада, а также длительности периодов их полураспада, полагал, что радиоактивные процессы начали играть заметную роль в жизни земной коры около 6 млрд. лет назад. Это значит, что только около этой даты в поверхностных областях Земли накопилось достаточно радиоактивных элементов, чтобы они могли дать существующее ныне соотношение исходных элементов и возникших в процессе их распада. Ведь, как принято считать, тело первозданной Земли имело

однородный химический состав и современное распределение элементов возникло в процессе дифференциации ее вещества. Первозданная Земля, как многие исследователи считают теперь, не имела атмосферы, гидросферы и литосферы. Лишь повышение температуры планеты в ее глубоких недрах до точки испарения (вернее, возгонки) и плавления легкоплавких веществ положило начало дифференциации. По системе мельчайших трещин и пор пары, газы и расплавы летучих компонентов исходной породы постепенно диффундировали или выдавливались в более высокие горизонты тела Земли. Вместе с тем выносилось и тепло, которое, накапливаясь на этом, более высоком уровне, разогревало окружающие породы до тех пор, пока и здесь не начиналось испарение и плавление легкоплавких веществ. Тогда эти вещества перемещались еще выше, где со временем возникала новая зона расплава, и так далее, пока газы, пары и расплавы не прорывались на поверхность Земли. Примерно так схематически выглядит механизм зонной плавки, важнейшую роль которого предположил и обосновал теоретически и экспериментально советский академик А. П. Виноградов.

Конечно, на поверхность Земли первыми должны были прорваться пары и газы, за счет которых постепенно сформировалась атмосфера, а затем гидросфера. Но вместе с тем на поверхность земного шара прорывались и лавы, особенно по разломам, возникшим вследствие ротационного эффекта. Так началось образование литосферы.

Лавы, которые формировали эту первозданную земную кору, видимо, содержали значительное количество углерода, магния, железа; газообразные продукты были, возможно, идентичны современным вулканическим газам — окиси (CO) и двуокиси (CO_2) углерода, метану, аммиаку, сероводороду (H_2S), сере, хлору и т. д., а также парам воды. Первичные газы быстро распадались под действием солнечных лучей и космического излучения, закисные соединения отнимали кислород у окисных — в первичной атмосфере шло множество реакций.

В эту эпоху из недр Земли в первичную атмосферу поступало много тепла, а так как она содержала большое количество углекислоты, которая служила своеобразным теплоизолятором, создавался парниковый эффект. Вполне возможно, что вследствие этого температура в приповерхностных слоях атмосферы повысилась до нескольких сот градусов, как ныне на Венере. Тогда пары воды насыщали атмосферу, а масса мельчайшей пыли, выбрасываемой во время непрерывных

вулканических извержений, способствовала конденсации паров в облака. Условия на Земле должны были напоминать условия современной Венеры: сплошной густой облачный покров окутывал планету со всех сторон, высокая температура, бурные вулканические извержения. Высокие температуры обусловили образование сложных органических соединений, которые впоследствии стали материалом для формирования аминокислот.

Очевидно, в эту эпоху начали формироваться первые возвышенности на Земле, так называемые ядра континентов. Древнейшие из них расположены на территории Кольского полуострова, в Южной Африке и, возможно, в Антарктиде.

После образования первичной земной коры приток тепла на поверхность планеты должен был уменьшиться, в то время как отток атмосферного тепла в окружающее космическое пространство постепенно увеличивался, температура атмосферы снижалась и, когда она упала ниже 100°, на Земле наступил период ливней и гроз. Вода заливала поверхность молодой коры, образуя мелководный первичный океан, среди которого поднимались острова будущих континентов и конусы вулканов. В этом океане растворялись органические соединения, образуя тот «питательный бульон», который, как говорилось уже раньше, стал колыбелью жизни.

Воды, ветры, химические процессы разрушали породы первозданной суши, снося обломки в окружающий океан, на дне которого в пределах подводных склонов — зародышей материков эти обломки накапливались, образуя толщу осадков, под тяжестью которых тонкая кора океанического дна прогибалась, рвалась разломами, а через них на поверхность изливались лавы. Осадочные слои сминались в складки, образуя вдоль края ядер континентов первичные горные гряды и увеличивая площадь суши и число вулканов. Такие прогибы у геологов получили название геосинклиналей, и в последующей истории развития Земли они начали играть все более и более возрастающую роль.

Пока происходили все эти процессы, в первичном океане шло множество химических реакций между органическими молекулами: наиболее сложные из них — аминокислоты «сшивались», образуя длинные цепочки; так до тех пор, пока где-то на Земле в какое-то прекрасное мгновение не родились первые живые организмы. Как полагает Л. М. Мухин, это скорее всего могло случиться в вулканической обла-

сти, в каком-либо достаточно изолированном от открытого океана заливе, в котором концентрация «питательного бульона» была очень высокой. С этого момента началась биологическая эволюция.

Примерно так могла выглядеть начальная геологическая история Земли, целиком предположительная, поскольку следов процессов, тогда происходивших, пока не обнаружено. Можно только сказать, что начало формирования первичной земной коры относится ко времени, отстоящему от наших дней на 4,5 млрд. лет. Ныне установлено, что 3,5 млрд. лет назад уже существовали древнейшие участки современных континентов, так называемые щиты: Фенно-Скандинавский и Канадский — на севере, зародыш Казахской платформы — на юге умеренной зоны северного полушария, Южноафриканский щит — на юге тропической зоны и Антарктический континент. В отложениях Южноафриканского щита, древность пород которого определена от 2,7 млрд. до примерно 3,5 млрд. лет, обнаружены окаменелые остатки одноклеточных организмов типа широко распространенных ныне сине-зеленых водорослей. Следовательно, эпоха образования первичной земной коры и жизни могла занимать время от 4,5 до 3,5 млрд. лет, то есть целый миллиард лет.

Многие геологи называют эту бурную эру в истории Земли архейской, или древнейшей, хотя, может быть, ее стоило бы назвать по-иному, например катархейской (как это сделал член-корреспондент АН СССР А. Г. Вологдин лет десять назад), ведь в эпоху формирования жизни эволюция была все же добиологической.

Впрочем, не все ученые считают, что одного миллиарда лет достаточно для того, чтобы совершился переход от сложных органических соединений к организмам такого типа, как сине-зеленые водоросли. Эти последние, хотя и относятся к типу простейших, уже достаточно сложны, чтобы их считать первоорганизмами. Они сами продукт длительной эволюции. Естественно было бы ожидать, что процессы, приведшие к возникновению первоклеток, начались гораздо раньше, но для утверждения такой гипотезы пока еще слишком мало фактов.

Водоросли типа сине-зеленых — организмы анаэробные, кислород им для жизни не нужен. Но, используя ныне солнечное тепло, а в начале архейской эры, возможно, иные источники энергии (тепловые, радиоактивное, космическое излучение), они разлагают углекислоту, выделяя свободный кислород. В случае фотосинтеза (то есть реакций, идущих за

счет солнечного излучения) этот процесс идет по следующей формуле:

$$6CO_2 + 6H_2O = C_6H_{12}O_6 + 6O_2.$$

Это был важнейший этап в истории Земли, с течением времени приведший к далеко идущим последствиям. Фотосинтез, вызывая бурный рост биомассы планеты, сначала медленно, а затем все быстрее и быстрее вел к накоплению свободного кислорода. Однако в восстановительных условиях древней Земли кислород на первых порах немедленно поглощался закисными соединениями, которые превращались в окислы. Поэтому уже в древнейших породах наблюдаются окислы и сульфаты, о чем упоминалось ранее.

Следующая эра в истории Земли — архейская, занимавшая время между 3,5 и 2,5 млрд. лет назад. На протяжении этого миллиарда лет отмечается от двух до трех горообразовательных эпох, связанных с усилением вулканической деятельности, но следы их сохранились очень плохо. Наиболее ясны следы горообразования и излияния магм (лав) между 2,7—2,5 млрд. лет назад. За время этой эры первозданные осадочные породы, испытав воздействие высоких давлений и температур, многократно смятые тектоническими силами, превратились в кристаллические, так называемые метаморфические породы — гнейсы, гранитогнейсы, а возможно, и граниты (есть гипотеза, что граниты — это древнейшие осадочные породы, опустившиеся в результате прогибания земной коры на большие глубины, где они, подвергшись действию высокого давления, частично расплавившись и обогатившись окисью кремния, стали породами, похожими на магматические образования).

Это, впрочем, пока не более, чем гипотеза, а потому можно сказать, что в конце архейской эры к поверхности Земли прорвались расплавы земного вещества, обогащенные кремнекислотой, щелочными металлами и другими элементами и их соединениями, и началось формирование «гранитного» слоя литосферы. Естественно, что поступление огромного количества вулканогенного материала и горообразование привели к увеличению площади древнейших массивов суши и к появлению новых. Так начали формироваться Канадская платформа, Украинский кристаллический щит, ядро Центральносахарского массива и т. д.

На протяжении архея простейшие организмы, очевидно, широко распространились по всему земному шару. По крайней мере почти везде, где были обнаружены осадочные поро-

ды этого возраста, найдены и остатки древнейших организмов. Кроме одноклеточных водорослей, по-видимому, это были бактерии и вирусы, если только вирусы не были вообще древнейшими организмами.

Следующая крупная эра в истории Земли — протерозойская, между 2,5 млрд. и 615—570 млн. лет назад. Протерозой обычно делят на три крупных подразделения, достаточно хорошо отграниченных друг от друга.

Нижний протерозой (2,5—1,7 млрд. лет назад) отличается коренной перестройкой Земли и ее лика. На поверхность нашей планеты в огромном количестве начали поступать лавы, богатые кремнекислотой, соединения железа, марганца, меди, молибдена, вольфрама, висмута, тория и урана — одним словом, тяжелых элементов, которые вопреки силе гравитации начали концентрироваться в верхних слоях планеты, а не стремились к ее центру. Это доказывает, что в процессе дифференциации земного вещества основную роль играют процессы геохимические.

Соответственно такой смене геохимической обстановки на огромных пространствах земной поверхности начали накапливаться кварциты, содержащие руды железа, цветных металлов, урана. Тогда же возникли и все известные нам континенты, хотя они и имели совсем иные очертания. Вдоль окраин континентов возникли протяженные геосинклинальные зоны, в которых и шло накопление железокварцитовых, кремнистых и иных осадков, а также тонких илистых отложений,— горы в те времена не отличались высотой и грубообломочный материал не был широко распространен.

Таких зон было три. Одна, начинаясь у южной оконечности Гренландии, огибала Лабрадор и через область Великих озер Северной Америки уходила в направлении нынешнего полуострова Флорида, далее шла вдоль Антильской дуги к берегам Южной Америки, отсекала крайний восточный выступ последней, пересекала Атлантический океан и от южной оконечности Намибии уходила к северной части Ирака и через Кавказ и Курскую магнитную аномалию подходила к месторождениям железа в Швеции и Норвегии. Это было огромное кольцо, подобное современному Тихоокеанскому тектоническому кольцу.

Вторая зона начиналась на востоке Арктического бассейна, шла вдоль западной границы Колымского края, через Сихотэ-Алинь, Малый Хинган, Китай, Корейский п-ов, Бирму, Индию, Австралию и далее по дну Индийского и Тихого океанов. Собственно, эта зона предшествовала западной

ветви современной Тихоокеанской тектонико-геохимической зоны, которая была несколько смещена на восток и возникла около 1 млрд. лет назад, когда во второй древнепротерозойской зоне уже появились горные системы. Наконец, третья зона, начинаясь на Пиренейском полуострове на западе, тянулась прямо на восток, пересекая Евразийский континентальный массив в широтном направлении вплоть до юго-западного угла Охотского моря. Ныне эта древняя геосинклинальная область частично сечет под углом более позднюю Альпийскую зону.

Конечно, в обстановке сильно меняющихся условий — сокращения площади океанов, разделения их на отдельные бассейны, изменения химизма среды, резкого возрастания содержания радиоактивных элементов и т. д.— живые организмы должны были менять свою наследственность: формы, физиологию; усложненная обстановка требовала и усложнения организма, его более высокой организации. Эти изменения сказались прежде всего на специализации организмов: возникли бактерии, окисляющие различные минеральные вещества, железобактерии и другие, которые начали интенсивно перерабатывать вещество верхних слоев земной коры и атмосферы. Большое количество водорослей, особенно на мелководье, выбрасывалось во время бурь или приливов в заливаемую прибрежную зону суши. Естественно, что часть бактерий приспособилась использовать для питания скопления этих погибших организмов. Так началось формирование почвенных бактерий, которые принялись подготавливать прибрежную полосу для грядущего десанта растений на сушу.

В среднем протерозое (от 1 700 до примерно 1 100—900 млн. лет назад) направление процессов было таким же, как и в нижнем. Продолжали развиваться древние зоны накопления осадков, в которых накопление периодически сменялось горообразовательными движениями. Закладывались новые зоны осадконакопления (геосинклинали Урало-Алтайская, так называемая Каледонская и др.).

Площади континентов постепенно росли. Появились первые скелетные организмы — радиолярии, которые строили свой скелет из кремния, в изобилии поступавшего в поверхностные зоны Земли; возникли древнейшие многоклеточные, в том числе губки, медузы.

Верхний протерозой (от 1 100—900 до 615—570 млн. лет) был второй эпохой резкого изменения Земли и жизни. Ее можно назвать переходной: ведь именно в верхнем проте-

розое развитие приняло то направление, которое продолжается до наших дней.

Прежде всего в верхнем протерозое резко увеличились площади континентов за счет превращения большинства геосинклинальных зон в горные системы, отдельные континентальные массивы слились воедино, создав обширные материки в пределах умеренной и тропической зон. Эти две группы материков разделялись обширным и глубоким средиземным океаном, остатком которого ныне являются Средиземное и Каспийское моря, а большая часть его площади занята горными странами. Некоторые геологи даже считали, что в начале верхнего протерозоя площадь материков достигла такой величины, какой не было больше в последующие эпохи.

После горообразования, имевшего место около 1 млрд. лет назад, и слияния материков, очевидно, произошло общее похолодание климата, так как в осадочных толщах того времени во многих районах земного шара обнаружены ледниковые отложения.

Вообще на протяжении протерозоя горообразовательные движения и усиление вулканической активности планетарного масштаба происходили примерно каждые 300 млн. лет, и почти к каждой из таких активных эпох было приурочено оледенение.

Жизнь в верхнем протерозое развивалась бурно. Появились водоросли многоклеточные, красные и зеленые, кораллы — так называемые археоциаты и черви — первые животные, у которых возникла нервная система в виде нервного тяжа вдоль тела с утолщением в передней части. Во второй половине верхнего протерозоя черви дали ветви других более высоко организованных животных: членистоногих, а потом и насекомых, моллюсков и, наконец, хордовых, предшественников позвоночных.

Многообразие и обилие водорослей и бактерий обеспечивало все большее количество свободного кислорода, который, судя по составу пород того времени и типу минералов, находился в атмосфере уже в ощутимом количестве.

Но есть данные, по которым можно предполагать, что в конце верхнего протерозоя не только существовали водоросли и бактерии, но появились уже и наземные растения. Во Франции, например в Бретани и в некоторых других местах, в верхнепротерозойских отложениях были обнаружены маломощные угли. А уголь, как известно, является результатом разложения остатков наземной растительности в условиях

недостатка кислорода, повышенного давления и температур. Выход растительности на сушу, очевидно, произошел первоначально в области заливаемых приливами прибрежных зон — тех самых, где уже давно скапливались остатки выброшенных морем водорослей и была зона почвообразующих бактерий. Эти бактерии постепенно подготовили в зоне первичные почвы, на которых и могли закрепиться некоторые водоросли, имевшие корневую систему. Из этих-то водорослей и развился самый древний тип растений — мягкостебельные плауновые. В начале следующей эры они заполонили низменные, сильно увлажненные участки суши. Остальная часть суши долго, почти до середины нового периода, оставалась пустынной.

Вслед за проникновением растительности в узкую прибрежную полосу суши в зарослях этих первичных «лесов» (высота их не превышала 50 см) обосновались некоторые членистоногие — предки насекомых — и моллюски.

Конец протерозоя ознаменовался эпохой новой вспышки тектонической и вулканической активности, в последний раз до наших дней на поверхность Земли поступило большое количество кремния и урана. Возможно, это обстоятельство и способствовало коренной перестройке состава животного мира.

Следующая длительная эпоха расчленена на более дробные подразделения — эры продолжительностью в несколько сот миллионов лет, а также периоды, отделы и века продолжительностью от нескольких десятков до миллионов лет. Мы не будем здесь характеризовать каждую из них, ограничившись лишь характеристикой важнейших переломных рубежей.

Последние 600 млн. лет истории Земли в целом характеризуются качественно новыми признаками. Значительные участки земной коры стабилизировались как известные ныне платформы, занимающие обширные пространства континентов. Подвижные, неустойчивые области локализовались в определенных протяженных зонах, ныне занятых горными системами. Это был древнейший из молодых Урало-Алтайский пояс, Северо-Атлантический пояс (так называемая каледонская, или грампианская, геосинклиналь), Средиземный, или Альпийский, пояс (от современных Пиренеев на западе до Гималаев, Тянь-Шаня и Индонезии на востоке и юго-востоке) и, наконец, Тихоокеанское кольцо. В этих зонах на протяжении послепротерозойского времени периодически происходила смена эпох накопления эпохами горо-

образовательных движений, когда посреди глубоких океанических зон возникали цепи островов и вулканов, пока все это не завершилось возникновением горных поясов.

Таким образом, большинство подвижных зон за последние 600 млн. лет консолидировались, интенсивность движения и вулканизма в них постепенно затухала. Такого рода перестройка земной коры позволила теоретикам говорить, что геосинклинальный тип развития земной коры в послепротерозойское время сменился платформенным типом, когда основную направляющую роль стали играть не подвижные области, а жесткие стабильные глыбы материков.

Изменился и характер вулканической активности: вместо трещинных, площадных излияний лав теперь основную роль стали играть точечные, вулканические извержения.

Наконец, изменилась интенсивность горообразования. На ранних этапах истории Земли и в протерозое, когда жесткие континентальные массивы имели меньшие размеры, были удалены друг от друга и силы сжатия, вызывавшие смятие осадочных толщ, были более слабыми, горные цепи, вероятно, не превышали 1,5—3 км. На протяжении последних 600 млн. лет подвижные зоны (геосинклинали) оказались зажатыми между крупными жесткими континентальными массивами, края которых представляли достаточно неподатливые упоры, и амплитуда горных складок резко выросла — высоты гор увеличились до 5—6 км и более.

Стали иными и климатические условия. Раньше один из главных, определяющих компонентов климата — потоки воздушных масс подчинялись лишь действию общепланетарных факторов: зональным изменениям температуры, отклоняющему воздействию силы вращения и т. п. В послепротерозойскую эпоху на циркуляцию атмосферы все большее влияние стали оказывать распределение суши и моря и характер рельефа. Соответственно перестроилось и движение гидросферы.

Сменился и тип осадконакопления: например, впервые в истории Земли огромные толщи осадков стали составлять карбонатные отложения, а роль силикатных резко уменьшилась, начали накапливаться разнообразные соли, возникать нефтеносные и угленосные толщи.

Вообще роль биогенных осадочных образований неизмеримо возросла соответственно колоссально разросшейся массе живого вещества. Коренным образом изменились и господствующие формы жизни.

Все это позволило некоторым исследователям говорить о периоде между 615—570 млн. лет и нашим временем как о качественно новом крупном этапе в истории Земли — неогее.

Так как это последняя крупная эпоха в истории нашей планеты, то от нее осталось и больше следов. Поэтому неогей расчленяется более детально, чем ранние эпохи.

Выделяется эра древней жизни — палеозой (615—570—240 млн. лет назад), который довольно четко делится на три этапа — нижний, средний и верхний, а эти последние, как мы говорили, в свою очередь подразделяются на периоды, отделы и века.

Нижний палеозой (615—570—420 млн. лет назад) в самом начале характеризуется возродившимся развитием подвижных областей, распадом и уменьшением средней высоты древних, верхнепротерозойских континентов. Следствием было расширение площади океанов и морей, заливавших наиболее пониженные участки суши. В соответствии с этим в изобилии распространились красные и сине-зеленые водоросли, древнейшие кораллы — археоциаты и корненожки строматопороидеи, донные кишечнополостные — губки, обитатели поверхностных слоев океана — граптолиты, моллюски — донные, с двустворчатой раковиной, брахиоподы и свободно плавающие примитивные наутилоидеи, членистые, видимо донные, странные панцирные животные — трилобиты, ракообразные, примитивные панцирные рыбы.

В узкой прибрежной зоне, видимо, продолжали существовать древнейшие полуводные растения, почвенные бактерии, вероятно, членистоногие, приспособившиеся к жизни в этих периодически заливавшихся зонах.

Такова была картина жизни в первом палеозойском периоде — кембрии (615—570—480 млн. лет назад). В следующем, ордовикском (480—420 млн. лет назад) периоде во многих районах Земли произошли горообразовательные движения, а некоторые геосинклинали (как, например, грампианская на севере Европы) закрылись, превратившись в горные системы. Соответственно несколько увеличилась и площадь суши, а моря обмелели, в них увеличилось количество островов. Отсюда обилие мелководных ракообразных, различных рифообразующих животных, появились четырехлучевые и трубчатые кораллы, увеличилось количество наутилоидей, массовое развитие получили водоросли.

Горообразованием ордовикского времени (каледонским) закончился нижний палеозой и начался средний (420—320 млн. лет назад). Первая его половина — силурийский

период (420—400 млн. лет назад) и начало девонского (400—370 млн. лет назад) — характеризуется преобладанием опускания обширных участков земной коры и соответственно увеличением площади океанов и морей. Растительность заливаемых прибрежных зон континентов двинулась в глубь суши, завоевывая новые пространства, вероятно прежде всего сильно увлажненные низины. Среди наземных растений преобладают плауновые. Широко развиваются и дают новые формы кораллы, начинается расцвет морских лилий — прикрепленных ко дну кишечнополостных. Кроме панцирных рыб развиваются хордовые, кистеперые, двоякодышащие рыбы. Двоякодышащие — ветвь кистеперых, которые имеют не только внутренний скелет, но и жесткий скелет у плавников. С помощью этого приспособления кистеперые могли передвигаться по дну водоемов.

И. И. Шмальгаузен, крупнейший советский эволюционист, считал, что представители этой группы рыб, обитавшие в полузамкнутых и почти изолированных мелководных лагунах, богатых водорослями и иной мелководной жизнью, из-за недостатка кислорода в воде вынуждены были часто подниматься на поверхность, чтобы запастись кислородом воздуха. Резервуарами для таких запасов служили плавательные пузыри, которые с течением времени превратились в легкие. Таким образом, к середине девона сформировался особый тип животных — ихтиостегии, в своей форме сочетавшие признаки рыб и земноводных. Ихтиостегии и стали предками амфибий — земноводных, древнейших после насекомых сухопутных животных.

В середине девона произошли новые горообразовательные движения, на этот раз в более обширных районах, чем в ордовикское время, площадь суши снова увеличилась. С этой горообразовательной фазой и связано заселение суши потомками ихтиостегий. На расширившейся суше широкое распространение получили плауновые, членистостебельные и древнейшие голосемянные растения, образовавшие леса. Началось угленакопление.

Конец девона и первая половина следующего, каменноугольного периода ознаменовались новым расширением океанов и морей за счет суши, а затем, в конце среднего отдела каменноугольного времени, началась грандиозная перестройка лика Земли, подобная той, что имела место в конце протерозоя. Это была так называемая герцинская горообразовательная эпоха, в результате которой выросли мощные горные системы в большинстве геосинклинальных зон всей

планеты, резко увеличилась средняя высота суши и ее участки, ранее разделенные морскими бассейнами, снова слились в два огромных материка: Гондвану, объединявшую древние платформы Австралии, Индии, Аравии, Африку и Южную Америку, с которой была связана Антарктида, — на юге и Лавразию, представлявшую почти замкнутое кольцо вокруг Арктического бассейна, только Западная Сибирь оставалась дном морским, прерывая это сухопутное кольцо севера. Между Гондваной и Лавразией пролегал средиземный океан, названный учеными океаном Тетис.

Резкое сокращение площади океанов и морей, повышение средней высоты суши, гигантские пояса гор высотой до 5—6 км резко увеличили отдачу тепла земной поверхностью, привели к понижению температуры и наступлению длительной ледниковой эпохи, занявшей конец каменноугольного периода (320—270 млн. лет назад) и первую половину пермского (270—240 млн. лет назад).

Естественно также, что сокращение площади поверхности испарения и изъятие из круговорота влаги больших количеств воды, законсервировавшейся в виде льда, континентальность климата привели к «иссушению» климата и широкому распространению пустынных и полупустынных ландшафтов. И если в первую половину каменноугольного периода низменная, заболоченная суша была занята сплошными лесами гигантских плауновых — чешуйчатоствольных каламитов, клинолистников, древовидных папоротников (собственно, именно в первую половину каменноугольного периода произошло накопление большей части углей нашей планеты, почему этот период и получил свое название), то во вторую половину каменноугольного времени и в перми леса значительно сократили свою площадь.

Понятно, что к таким грандиозным изменениям должна была приспособиться и жизнь. И вот в отложениях конца палеозоя мы находим не только остатки земноводных, но также пресмыкающихся, или рептилий, и весьма странных животных — так называемых лабиринтодонтов. Среди последних или их потомков выделяются териодонты (зверозубые), в строении своего скелета объединяющие черты рептилий и примитивных млекопитающих. Недавно обнаружено, что эти териодонты обладали волосяным покровом, следовательно, были теплокровными, что еще больше сближает их с млекопитающими.

Можно полагать, что млекопитающие отделились от этой группы не позднее конца перми, так как представители

примитивных млекопитающих начала следующей, мезозойской эры уже отличались признаками высокой специализации.

Теплокровность и волосяной покров были естественной защитной реакцией организмов в условиях пониженных температур в эпоху пермо-карбонового оледенения, и можно было ожидать, что и другие группы животных и растений так же отзовутся на похолодание. И действительно, сейчас есть данные полагать, что и часть рептилий стала теплокровной — это предки летающих ящеров и птиц, а также предки гигантских пресмыкающихся следующей за палеозоем эры — динозавров.

Мезозой, или «эра средней жизни», начался около 240 млн. лет и окончился около 70 млн. лет назад. Он делится на три периода: триасовый, юрский и меловой. Триасовый во многих отношениях был продолжением пермского периода, хотя в этом периоде постепенно понижалась высота материков, несколько расширилась площадь морей и океанов, началось увлажнение климата. В растительности развиваются новые формы, появившиеся в эпоху пермо-карбонового оледенения,— древнейшие примитивные хвойные (голосемянные), гинкговые (ныне сохранившиеся лишь в отдельных районах земного шара), вероятно предки покрытосемянных. В водах морей — новые типы моллюсков: аммониты, цератиты и иные головоногие; пресмыкающиеся приспосабливаются к жизни во всех трех стихиях — сухопутной, водной и воздушной; бесспорные низшие млекопитающие — еще не живородящие, а яйцекладущие.

Юрский период (190—140 млн. лет назад) — вновь океанически-морской, теплый, когда моря заливали сушу, расчленяя ее. В эту эпоху начали формироваться современные Атлантический и Индийский океаны. Лесная растительность вновь занимает огромную площадь и начинает дифференцироваться в пространстве: на севере и в горных областях формируются леса покрытосемянных, лиственных и цветковых растений, а также хвойные; в теплых же низменных районах и в тропической зоне сохраняются древние леса.

Необычайно разнообразными становятся формы рептилий, в те времена еще не имевшие конкурентов в виде мелких, слабых и малочисленных млекопитающих. В мелководных бассейнах, озерах, лагунах, болотах, богатых пищей и труднодоступных для хищников, появились гигантские рептилии типа бронтозавров, на открытых пространствах — бегающие «двуногие» ящеры, в морях и океанах — помимо рыб (хордовых, костистых), рифообразующих кораллов

и т. д. также крупные хищные рептилии — гигантские змеевидные мозозавры, рыбообразные ихтиозавры, длинношеие плезиозавры; в воздухе — крупные и мелкие летающие ящеры.

В середине юрского времени в связи с распространением плодовых деревьев появились первоптицы и древесные млекопитающие, насекомые, пожирающие кору, плоды и нектар цветов, а следом за ними и древесные насекомоядные млекопитающие, которые позже, в конце мелового периода, стали предками всех современных высших млекопитающих.

Меловой период (140—70 млн. лет назад) в первую, бо́льшую свою половину отличался таким же почти морским режимом, как и юрское время, только площади континентов несколько выросли в результате тектонических движений, имевших место в конце юры. В соответствии с этим и климат стал несколько суше и континентальнее, а отсюда и в составе растительности все большую роль стали играть покрытосемянные и хвойные растения. Эти изменения были благоприятны для млекопитающих и птиц и невыгодны для рептилий. Поэтому начиная с конца юрского времени пресмыкающиеся, особенно гигантские, начали вымирать. Число их форм постепенно сокращалось, сокращалась и численность, особенно к концу мелового периода, когда на Земле вновь пробудились тектонические силы и площадь континентов снова стала расти. Это были первые отдаленные предвестники новой великой эпохи горообразования — альпийской, вновь перестроившей лик Земли.

К концу меловой эпохи древние формы жизни либо исчезли совсем, либо были оттеснены в тропические области или изолированные районы. Новые же формы жизни, к которым из растений относятся покрытосемянные, цветковые, хвойные, а из животных — сумчатые млекопитающие и древние бескрылые, водоплавающие и летающие птицы, широко распространились, завоевав мир.

И наконец, 70—100 млн. лет назад среди насекомоядных высших млекопитающих появилась важнейшая группа животных — приматы. Это были мелкие древесные животные вроде современных тупаий, которые в начале последней эры земной истории — кайнозойской (эры новой жизни), около 70 млн. лет назад, разветвились на долгопятов и полуобезьян (лемуров).

Последняя эра в истории Земли — кайнозойская, в которой и мы живем, началась около 70 млн. лет назад. Ее начало ознаменовалось новым развитием океанического режима, сокращением площади суши, смягчением и увлажнением

климата, а отсюда и расширением зон теплолюбивой растительности. Это было время экспансии новой флоры — плодовых, лиственных и цветковых растений; архаическая растительность мезозойской эры была оттеснена в тропическую зону и изолированные районы. В самом начале новой эры вымерли последние остатки крупных рептилий и по земной поверхности широко распространились примитивные сумчатые млекопитающие. В середине первого периода кайнозоя — палеогена — отряд приматов дал новую ветвь — обезьян, предками которых был один из родов или семейств лемуров. Эти первые обезьяны не были похожи на современных, так как объединяли черты, характерные и для низших, так называемых широконосых, и для высших — узконосых, и даже для более поздних, человекоподобных (антропоидов) обезьян.

Разумеется, неспециализированная группа животных не могла долго оставаться единой, а потому еще задолго до конца палеогена распалась на три или четыре группы, формы и образ жизни представителей которых определились природными условиями тех районов, в которых они формировались. Это произошло около 35—40 млн. лет назад, когда начались последние общепланетарные горообразовательные движения так называемой альпийской орогении. Тогда в возвышенных скалистых и лесных областях сформировались мартышковые обезьяны (мартышки, макаки, павианы), в тропических дождевых лесах — гиббоновые, а в разреженных и пограничных с открытыми пространствами — древесные обезьяны, или дриопитековые, близкие по типу к шимпанзе.

Одновременно с усложнением географической обстановки с конца палеогена началась и смена животного мира: примитивные сумчатые млекопитающие постепенно сменялись высшими, плацентарными млекопитающими, у которых детеныши рождались полностью сформированными, способными у большинства видов к самостоятельной жизни.

Второй период кайнозойской эры — неоген — был занят в первой своей половине основной фазой альпийского горообразования. В это время обновились старые горные системы и выросли новые — Пиренеи и Атласские горы, Альпы, Карпаты, Балканы, Крымские и Кавказские горы, Копетдаг и горы Ирана, Южный Тянь-Шань, Памир, Куньлунь, Каракорум, Гималаи, Кордильеры и Анды и многие другие. Колоссально разрослись площади материков — Средиземное море почти закрылось, распавшись на четыре бассейна.

Африка соединилась не только с Азией, но и с Европой, горы Альпийского пояса, сменив средиземный океан Тетис, тесно и навсегда связали южные материки с северными. Соединились также Северная и Южная Америка, с одной стороны, и Северная Америка (в который уже раз!) через Гренландию, Исландию и Британские острова — с Европой, а через сушу, существовавшую на месте Берингова пролива и моря, — с Азией. Таким образом, впервые за всю историю Земли широкое материковое кольцо отделило арктическую область от всех южных морей.

Как и в герцинскую эпоху, эти изменения привели к «иссушению» климата, широкому развитию обширнейших пространств, занятых саванной, степями, сухими степями, полупустынями и пустынями. Именно тогда сформировались Калахари, Сахара и аравийские пустыни. Снова понизились среднегодовые температуры на Земле и начался (2 или 3 млн. лет назад) ледниковый период — тот, в котором мы живем,— четвертичный.

Оледенение, по-видимому, началось в Антарктике, так как, по исследованиям антарктических экспедиций, сплошной ледяной покров появился там не менее 20 млн. лет назад и с тех пор он неизменно держится, лишь периодически несколько отступая или наступая по краям. В северном же полушарии, в районе Гренландии и Лабрадора, следы оледенения не обнаруживаются в отложениях древнее 3,5 млн. лет.

Распространение открытых пространств и разреженных лесов вызвало новое разветвление у высших приматов. Те из дриопитеков, которые остались жить в тропических лесах, специализировались к древесной жизни и дали ветвь орангоидов; те, что попали в пограничную зону тропических лесов и открытых пространств, расчленились на несколько ветвей: шимпанзоидную (шимпанзе и гориллы), гигантопитековую (это самые крупные из когда-либо живших обезьян) и рамапитековую.

Рамапитеки — самые интересные животные. При небольших размерах они были всеядными, в строении скелета имели много общего с непосредственными предками человека — австралопитеками, а также отмечаются и черты сходства с человеком. Многие исследователи полагают, что рамапитеки были прямоходящими и систематически употребляли в качестве орудий разные предметы природного происхождения — палки, камни и тому подобное, хотя прямых доказательств этого нет.

Как ныне считает большинство антропологов, рамапитеки и стали предками непосредственных предшественников человека — австралопитеков, которые появились около 5 млн. лет назад. Следующий этап развития Земли и жизни привел лик нашей планеты, растительность, животный мир к современному виду. Этому в значительной мере способствовали периодические эпохи похолодания, которых на протяжении последнего этапа, называемого четвертичным, или антропогеновым (из-за того что главнейшим его событием было появление человека и человеческого общества), было не менее шести.

Так на протяжении 4,5 млрд. лет в процессе развития Земли как планеты возникла новая геосфера — биосфера *, то есть оболочка, состоящая из массы живого вещества, которая занимает поверхность суши, пронизывает верхние слои литосферы до глубин порядка 5—6 км (а может быть, и больше), всю толщу гидросферы и нижний слой атмосферы — по крайней мере до высоты 9—10 км (то есть тропосферу). С тех пор как биосфера возникла и закончила свое формирование около 400 млн. лет назад, она играет все более и более важную роль в жизни Земли.

НАПРАВЛЕННОСТЬ ЭВОЛЮЦИИ

Эволюции биосферы посвящено множество книг, в том числе и популярных **. К этой литературе мы и отсылаем интересующегося подробностями читателя. Для дальнейшего изложения важны, однако, не столько детали эволюционного процесса, сколько его общие закономерности.

Прежде всего бросается в глаза прогрессивный характер эволюции. Несмотря на отдельные отступления и неудачи, в целом развитие органического мира Земли идет от низшего уровня организации к высшему.

Однажды появившись, жизнь оказывается необычайно стойкой. Непрерывно завоевывая себе все новые и новые области, живые организмы множатся и совершенствуются.

«Эволюция органического мира, — писал академик И. И. Шмальгаузен, — в целом имеет прогрессивный харак-

---

* Читателю можно рекомендовать популярные брошюры о развитии Земли и жизни, хотя в деталях они несколько устарели: *А. Г. Вологдин.* Земля и жизнь. М., 1965; *С. С. Кузнецов.* Как читают историю Земли. Л., 1973. — *Прим. ред.*

** См., например, *М. М. Камшилов.* Эволюция биосферы. М., 1974.

тер, она неуклонно ведет к усложнению организации, к созданию все высших форм жизни. В эволюции позвоночных прогрессивное развитие центральной нервной системы начинает играть явно руководящую роль, и высшие их формы определяются уровнем развития полушарий головного мозга» *.

Корни «древа эволюции» уходят в неорганический мир. Его вершина представлена приматами, в том числе человеком. Но какое многообразие ветвей! Перед нами действительно огромное «древо», выросшее из ничтожного «семени». Многие его ветви «тупиковые». Такова, например, ветвь насекомых, судя по всему достигших апофеоза в своем развитии.

Секреты эволюционного прогресса были, как хорошо известно, в основном раскрыты Чарльзом Дарвином. «Три кита» дарвинизма — изменчивость, наследственность и естественный отбор — объясняют то, что до Дарвина считалось проявлением сверхъестественных сил. Работы Дарвина нанесли сильнейший удар по метафизическому взгляду на природу. Они доказали, что современный органический мир, а следовательно, и человек есть продукт процесса развития, который длился миллиарды лет.

Естественный отбор подхватывает любое полезное для организма наследственное изменение и закрепляет его в потомстве. Этот природный механизм, по мнению Дарвина, не только объясняет прогрессивный характер эволюции в прошлом, но обеспечивает и будущий прогресс.

Разумеется, развитие человеческого общества подчиняется особым социальным законам и принципы дарвинизма не могут быть использованы в социологии. Но в отношении других живых существ прогнозы Дарвина вряд ли можно оспаривать.

«Материал» для естественного отбора поставляет изменчивость организмов. Эти случайные изменения либо отсекаются отбором (если они неудачны), либо дают начало новым ветвям «древа эволюции».

Экспансия, агрессивность жизни — еще одна характерная черта эволюции. Если бы внешние условия не мешали размножению некоторых организмов, они за чрезвычайно короткие сроки породили бы колоссальные массы живого вещества. Так, некоторые бактерии, размножаясь, за несколько суток могут дать потомство, равное по массе земному шару!

---

* *И. И. Шмальгаузен.* Проблемы дарвинизма. М., 1946, стр. 41.

У высших организмов этот «напор жизни» хотя и ослаблен, но подчас проявляет себя весьма заметно. Жизнь всегда стремится занять как можно больше «места под Солнцем». С помощью обмена веществ живые организмы стараются пропустить через себя и переработать возможно большее количество неживого вещества.

Экспансия жизни выражается и в биологическом состязании организмов, в этой разновидности борьбы за существование, которая сыграла решающую роль в эволюции органического мира Земли.

Но здесь нам хочется подчеркнуть, что в истории земной жизни заметно проявилось и другое — великая тяга живых существ к объединению, к единству. На это обстоятельство впервые обратил внимание в 1880 году русский зоолог Н. Ф. Кесслер, по глубокому убеждению которого тяга к единству, стремление к взаимопомощи является положительным фактором прогрессивной эволюции. Эту важную идею развил знаменитый русский ученый и революционер П. А. Кропоткин, который в малоизвестной, к сожалению, книге «Взаимная помощь, как фактор эволюции» писал: «В животном мире мы убедились, что огромнейшее большинство видов живет сообществами и что в общественности они находят лучшее оружие для борьбы за существование... Виды животных, у которых индивидуальная борьба доведена до самых узких пределов, а практика взаимной помощи достигла наивысшего развития, оказываются неизменно наиболее многочисленными, наиболее процветающими и наиболее приспособленными к дальнейшему прогрессу» *.

Не в этой ли черте биологической эволюции таятся ее будущие успехи? **

Самая, пожалуй, общая черта эволюции биосферы — накопление информации в ходе эволюционного процесса.

Понятие «информация» не просто. Оно принадлежит к числу самых сложных в теоретическом отношении и в то же время самых действенных на практике понятий. «Разнообразие» — наиболее общий синоним «информации» ***. Биологическая информация заключается в необычайном разнообразии организмов. Она закодирована в клеточных ядрах и через гены передается при смене поколений.

---

* *П. А. Кропоткин.* Взаимная помощь, как фактор эволюции. М., 1891.

** См. статьи В. Эфроимсона, Б. Астаурова и других ученых.— «Новый мир», 1971, № 10; 1972, № 5.

*** См. *А. Д. Урсул.* Информация. М., 1971.

В ходе эволюции биосферы в целом наблюдается рост информации, ее накопление. Как считает А. И. Перельман, в отдельные эпохи прошлого наблюдались «информационные взрывы», выражающиеся в бурном развитии новых, прогрессивных групп организмов. Таково, например, «взрывообразное» развитие рептилий в триасовый период (240—185 млн. лет назад), развитие млекопитающих в палеогене и др. В ходе эволюции биосферы происходило, конечно, и «захоронение» информации, свидетельством чего служат мощные слои органогенных пород. Но ступенчатая лестница эволюции все же ведет вверх, к накоплению все большей и большей информации. Энергетическим источником этого процесса накопления служит главным образом солнечная энергия, воплощенная в жизнедеятельности земных организмов. Таким образом, как предлагает А. И. Перельман, можно сформулировать следующий закон прогрессивного развития биосферы:

«По мере развития биосферы и аккумуляции солнечной энергии происходила дифференциация вещества, образование геохимических барьеров, росло число видов организмов, усложнялась их структура, то есть увеличивалась неорганическая и органическая (биологическая) информация» *.

ПОД ЗНАКОМ КОСМОСА

В главе об эволюции Земли и жизни мы видели, что развитие жизни на нашей планете неразрывно связано с этапами развития Земли как планеты, что каждой коренной перестройке земного шара отвечала соответствующая перестройка форм и преобладающего типа жизни. Однако эволюция органического мира Земли никогда не была изолированным от космоса процессом. Если солнечные ритмы, по-видимому, отразились в ритмике жизни, а возможно, и в ритмике геологических процессов, если излучение Солнца влияет на движение всей Земли в целом, отражаясь в скорости вращения Земли и движении ее полюсов, то тем более «дыхание космоса» должно было как-то сказаться на ходе эволюции биосферы.

«Твари Земли,— писал В. И. Вернадский,— являются созданием сложного космического процесса, необходимой и закономерной частью космического механизма» **.

* *А. И. Перельман.* Геохимия биосферы. М., 1973, стр. 35.
** *В. И. Вернадский.* Избр. соч., т. V. М., 1960, стр. 11.

Прежде всего само гравитационное поле Земли, в обстановке которого возникла и развивалась жизнь, отразилось в строении и функционировании земных организмов.

Впервые идеи о роли гравитации в биологии были высказаны в 1882 году К. Э. Циолковским. В статье «Биология карликов и великанов» он писал:

«Снова возникает вопрос: почему в процессе эволюции человек не превратился в лилипута, если так велики выгоды малых размеров?

Во-первых, абсолютная сила органов у больших существ все-таки больше, и в борьбе их с малыми последним приходится плохо.

Во-вторых, умственные способности у больших существ все же преобладают. Это прибавляет победные шансы в борьбе. Будь иная сила тяжести на нашей планете, и размер наиболее совершенных людей, как, впрочем, и всех других существ, изменился бы... На Марсе, Меркурии и других маленьких планетах и спутниках можно бы ожидать большего роста сухопутных животных и сильнейшего развития мозга, если бы не препятствовали другие неблагоприятные условия» *.

Эта идея о гравитации как важном факторе эволюции с большим трудом пробивала себе дорогу в науке. Лишь в 1960 году была опубликована обстоятельная монография В. Я. Бровара **, где на примере сельскохозяйственных животных анализируется связь строения их тела и гравитации. По мнению В. Я. Бровара, масса животного как механическая система не изолирована, она зависит от масс других тел, и в первую очередь, конечно, от массы нашей планеты. Сила тяжести, несомненно, влияет на возникновение и изменение многочисленных структурных и функциональных биологических особенностей любого живого существа нашей планеты.

Не только в работе самого В. Я. Бровара, но недавно и в трудах советского биолога профессора П. А. Коржуева связь гравитации и эволюции показана на конкретных примерах ***.

Так, например, в эпоху появления первых наземных животных природа поставила естественный эксперимент. Из водной среды, где тяготение ослаблено (точнее, вес уменьшен), животные перешли на сушу, в условия воздушной среды и

---

* Сб. «Путь к звездам». М., 1961, стр. 315, 316.

** См. *В. Я. Бровар.* Сила тяжести и морфология животных. М., 1960.

*** См. *П. А. Коржуев.* Эволюция, гравитация, невесомость. М., 1971.

максимального проявления гравитационного поля. Это вызвало перестройку всего их организма, и в первую очередь способов дыхания и передвижения. Когда некоторые группы млекопитающих (китообразные и др.) вернулись к водному образу жизни, то есть перешли в условия ослабленного веса, это сказалось и на их морфологии, и на их физиологии.

У позвоночных животных в преодолении гравитации основная роль принадлежит скелету. Он обеспечивает механическую прочность организма и уровень его энергетических затрат. Но главное приспособление к новой среде при выходе позвоночных на сушу — образование в костях костного мозга, очага синтеза гемоглобина.

Почему синтез гемоглобина в прежних органах (селезенка, почки), пригодных для обитателей морей, при выходе их на сушу был заменен синтезом в костном мозгу? В воде вес животного меньше, чем на суше, а в земных условиях животное должно не только передвигаться, но и поддерживать тяжесть своего тела, то есть преодолевать гравитацию, что требует гораздо бо́льших затрат энергии.

Такие затраты не могли обеспечить почки и селезенка, но вполне обеспечил их костный мозг. Отсюда следует, что, чем более активно наземное позвоночное животное, тем больше у него должно быть костного мозга и тем тяжелее его скелет.

Мощные рога диких высокогорных баранов нужны им прежде всего как богатые поставщики гемоглобина, крайне необходимого в разреженной атмосфере. По тем же причинам скелет млекопитающих в период внутриутробного развития весит относительно значительно больше, чем у взрослых животных. Наоборот, у китообразных скелет и костный мозг развиты весьма умеренно.

Вообще в ходе эволюции наземных позвоночных животных масса костного мозга неизменно возрастала, достигнув у птиц и млекопитающих огромных величин (до 13% веса тела!).

В ходе эволюции биосферы менялся климат Земли и в целом, и в отдельных районах. Многократно наступали эпохи большего или меньшего оледенения. Они сменялись периодами влажными и теплыми. Вместе с тем много раз отступало и наступало море, утихала или, наоборот, усиливалась вулканическая и тектоническая деятельность.

Вообще периодизация геологической истории, ее разделение на эры и периоды, связана с периодическими колебаниями тектонической и вулканической активности Земли

и климата. Легко проследить, что именно к этим критическим моментам в эволюции Земли, отмеченным границами геологических эпох, приурочены главные этапы видообразования и коренного обновления флоры и фауны нашей планеты. В частности, и появление человека произошло во время последнего крупного четвертичного оледенения.

Случайны ли все эти связи? Вряд ли. Хотя биосфера эволюционирует по внутренним, присущим ей законам, внешние резкие перемены среды, по-видимому, стимулируют скачкообразные переходы органического мира с одного уровня развития на другой. Но если колебания климата и ныне, и в далеком прошлом связаны с солнечной активностью, то тогда и в эволюции биосферы Солнце выступает как великий дирижер. Как увлекательна должна быть та еще не написанная книга, где ход эволюции биосферы увязан с многоритмичными колебаниями солнечной активности, где регулирующая роль Солнца будет прослежена во всех деталях!

То, что колебания солнечной активности весьма заметно отражаются в жизни современной нам биосферы, не подлежит сомнению *. Даже человек не освободился пока от вредных солнечных влияний, и в колебаниях частоты заболеваний многими болезнями (грипп, тиф, энцефалит и др.) проглядывают солнечные ритмы.

Так как в периоды повышенной солнечной активности размножение микроорганизмов усиливается, можно думать, что в органогенных осадках прежних эпох удастся проследить отражение солнечных циклов. Если это предположение подтвердится детальными исследованиями литологов, гипотеза о связи ритмики эволюционного процесса с солнечными ритмами получит опытное подтверждение. Пока же эта гипотеза имеет не только сторонников, но и противников, считающих, что в эволюции Земли и ее биосферы влияние Солнца или ни в чем не выразилось, или по крайней мере было несущественным.

ЖИВОЕ ВЕЩЕСТВО И БИОСФЕРА

Мы уже много раз употребляли этот образный термин «живое вещество», введенный в науку В. И. Вернадским. Под «живым веществом» он понимал совокупность всех живых организмов Земли, всю их суммарную живую массу.

---

* Подробнее см. сб. «Влияние солнечной активности на атмосферу и биосферу Земли». М., 1971; *Ф. Ю. Зигель.* Виновато Солнце. М., 1972; *А. Л. Чижевский.* Земное эхо солнечных бурь. М., 1973.

Не следует путать «живое вещество» Земли с ее биосферой — особой земной оболочкой, в которой существует и действует «живое вещество» и где проявляется его влияние. Кроме живого вещества в состав биосферы входит «биогенное вещество», то есть органо-минеральные, или органические, продукты, созданные «живым веществом» (например, каменный уголь, битумы, горючие газы, нефть). Есть и третий компонент биосферы — «биокосное вещество», созданное живыми организмами вместе с неживой природой. Таковы, скажем, биогенные осадочные породы, кислород, частично, может быть, азот атмосферы и т. п.

«Живое вещество» Земли в настоящую эпоху представлено почти тремя миллионами видов животных, растений, микроорганизмов *. Хотя на долю растений приходится «всего» 300 тыс. видов, именно растения благодаря фотосинтезу служат основой биосферы Земли.

Из трех составляющих «живого вещества» микроорганизмы наиболее устойчивы к крайне суровым условиям внешней среды. Споры некоторых бактерий, например, остаются живыми в жесточайшем вакууме (10^{-11} мм рт. ст.), сине-зеленые водоросли великолепно себя чувствуют в активной зоне ядерных реакторов. Многие микроорганизмы, а также некоторые насекомые и высшие растения остаются жизнестойкими даже при температурах, близких к абсолютному нулю. Живые бактерии встречаются на дне океана, внутри земной коры, в стратосфере — на высоте 20 км. Благодаря микроорганизмам создается впечатление, что жизнь — явление очень стойкое и почти ничто (кроме высоких температур в сотню градусов и выше) не может убить живое. Правда, животные и растения, особенно высшие, значительно уступают в стойкости вездесущим микроорганизмам.

Общая «биомасса» всей суши составляет примерно три биллиона ($2{,}7 \cdot 10^{12}$) тонн. Из них на долю почвенных микроорганизмов приходится около миллиарда тонн. Общая масса животных суши не превышает 3 % от массы наземных растений (кстати сказать, по массе позвоночные составляют всего около 1 %).

Хотя в суммарной биомассе суши преобладает биомасса древесных сообществ, наибольший эффект в создании плодородия почв принадлежит почвообразующим бактериям и травянистым растениям. К сожалению, мы не можем пока

* На протяжении геологической истории Земли возникло и исчезло во много раз больше видов организмов, чем их существует сейчас.— *Прим. ред.*

достаточно уверенно распространить эту статистику на обитателей морей и океанов: изучение океанских глубин только начинается.

Одно из характерных свойств «живого вещества» — это накопление и сохранение в своей биомассе энергии солнечного излучения. Именно эта солнечная энергия преобразуется в энергию органических соединений, в конечном счете в энергетическую базу жизни. Присутствие «живого вещества» придает энергетическим явлениям на поверхности Земли своеобразный оттенок.

В ходе эволюции «живое вещество» Земли четко разделялось на два яруса. Нижний ярус образуют автотрофные организмы, извлекающие необходимые для жизни энергию и вещество непосредственно из неорганической среды. Таковы, например, почти вся растительность, анаэробные бактерии и т. п.

Организмы второго, верхнего яруса называются гетеротрофными. Они питаются существами нижнего яруса (растениями) или себе подобными гетеротрофами (таковы все хищники). Микроорганизмы могут быть и автотрофными и гетеротрофными. В конечном же счете, повторяем, жизнь Земли черпает свою энергию от Солнца.

Накопленная «живым веществом» энергия по праву может быть названа свободной. Всякие действия живых существ есть проявление этой свободной энергии. Она же особенно ярко проявляет себя в размножении всего живого, в этом саморасширяющемся процессе самовосстановления.

С точки зрения организации в «живом веществе» Земли можно выделить несколько уровней.

«В качестве низшего уровня организации,— пишет член-корреспондент АН СССР В. А. Ковда,— принимаются существование и работа биологически активных макромолекул (макромолекулярный уровень). Далее следует организация на уровне клетки, организма и популяции. Еще более высокое проявление организованности жизни и ее устойчивости в геологическом времени — биогеоценотический уровень. Биосфера как совокупность биогеоценозов и экосистем * представляет собою наивысший уровень организации живого вещества» **.

---

* Биогеоценоз — однородный в биологическом и географическом отношении участок территории. Экологическая система — участок территории, выделенный на основе общности питающей организмы среды.

** «Биосфера и ее ресурсы». М., 1971, стр. 15. Большинство биологов низшим уровнем биологической организации считают клетку. — *Прим. ред.*

Как уже говорилось, источником энергии всех процессов, происходящих в биосфере, служит Солнце — его свет и тепло, а также другие виды солнечных излучений. Живые организмы, как подчеркивал В. И. Вернадский, превращают эту космическую энергию в земную, химическую и создают бесконечное разнообразие нашего мира. Живые организмы своим дыханием, своим питанием, своим обменом веществ, своею смертью и своим размножением, постоянным использованием своего вещества, а главное — длящейся сотни миллионов лет непрерывной сменой поколений, своим рождением и размножением, порождают одно из грандиознейших планетных явлений, не существующих нигде, кроме биосферы. Этот великий планетарный процесс, по учению В. И. Вернадского, есть миграция химических элементов в биосфере, движение земных атомов, непрерывно длящееся больше двух миллиардов лет согласно определенным законам.

Вихрь жизни, постоянно усиливающийся, вовлекает в круговорот веществ в природе все большие и большие количества неорганического материала. Благодаря этому живое вещество уже давно стало активнейшей геологической силой.

За один год живые существа Земли пропускают сквозь себя почти столько же углерода, сколько находится его в земной коре. В морях и океанах образовались многокилометровые толщи осадочных пород. Масса углекислоты в органогенных известняках, этих породах, созданных живым веществом, в десять раз превышает массу ледяного панциря Антарктиды.

Живые существа можно уподобить крошечным, но весьма многочисленным химическим заводам. Моллюски накапливают из морской воды медь, асцидии — ванадий, медузы — цинк, олово, свинец, губки — йод. Как уже говорилось, серные бактерии «производят» серу, а фуксы и ламинарии накапливают алюминий и т. д.

В живых организмах скапливаются огромные количества неорганических веществ.

Так, например, бора, калия, серы морские организмы содержат в десятки раз больше, чем морская вода; железа, серебра, брома — в сотни раз; кремния и фосфора — в тысячи; меди и йода — в десятки тысяч; цинка и марганца — в сотни тысяч раз!

Отмирая, живое вещество оставляет сконцентрированные им химические элементы в поверхностных слоях Земли. Мил-

лиарды тонн различных веществ отдаются организмами во внешнюю среду и снова захватываются ими. Из органических соединений, когда-то составлявших живые организмы, возникли энергетически ценные горные породы (например, нефть, торф, уголь).

Живые существа не только накапливают химические элементы. В других ситуациях они, наоборот, распыляют их, участвуют в процессах выветривания. Все эти странствования химических элементов, увлеченных вихрем жизни, вся эта биогенная миграция химических элементов — одно из основных свойств биосферы. Оценивая с эволюционной точки зрения биогенную миграцию химических элементов, В. И. Вернадский пришел к двум эмпирическим обобщениям, названным им биогеохимическими принципами:

1. Биогенная миграция атомов химических элементов в биосфере всегда стремится к максимальному своему проявлению.

2. Эволюция видов в ходе геологического времени, приводящая к созданию форм жизни, устойчивых в биосфере, идет в направлении, увеличивающем биогенную миграцию атомов биосферы.

В сущности в этих двух принципах выражается вполне конкретно главное качество жизни — ее агрессивность, напор, стремление «переработать» как можно большее количество неорганического вещества.

«Жизнь — живое вещество — поистине является одной из самых могущественных геохимических сил нашей планеты,— писал В. И. Вернадский.— В течение всего геологического времени заселение планеты должно было быть максимально возможным для всего живого вещества, которое тогда существовало. Это положение можно считать, если это окажется нужным, третьим биогеохимическим принципом» *.

«Живое вещество» Земли на всех уровнях своей организации способно принимать и использовать информацию, поступающую из внешней среды. Так, фотосинтез растений контролируется сигналами внешней среды, несущими информацию о будущем состоянии этой среды (например, колебаниях температуры, светового режима). «Живое вещество» «штампует» сложнейшие органические соединения, что немыслимо без генетической информации, закодированной в нуклеи-

---

* *В. И. Вернадский*. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М., 1965, стр. 286.

новых кислотах. В сущности в живом организме постоянно взаимодействуют информация и энергия *.

Чем совершеннее живое существо, тем большую информацию оно способно использовать. Именно эта способность и дает преимущества одним существам перед другими. Животные, например, используют информацию, поступающую не только из неорганической среды, но и от других живых организмов (например, запах зайца настраивает волка на преследование, а запах волка помогает зайцу избежать опасности).

«Через живое вещество,— пишет доктор физико-математических наук Г. Ф. Хильми,— информация, содержащаяся в явлениях геофизической и биотической среды, становится фактором, влияющим на превращения энергии в природе, и, следовательно, биосфера представляет собою среду, в которой в грандиозном масштабе осуществляется взаимодействие между энергией и информацией» **.

Этой особенностью биосферы объясняется то известное обстоятельство, что для исчерпывающего объяснения энергетических процессов в биосфере законы термодинамики недостаточны.

«Живое вещество» активно противодействует возрастанию энтропии (так физики именуют меру вероятности осуществления данного состояния системы) ***. Жизнь постоянно и с великим упорством (по крайней мере в масштабах Земли) «упорядочивает» природу. Ход эволюции совершается от простого к сложному, от более вероятного к менее вероятному. Конечно, этот факт не противоречит второму началу термодинамики, согласно которому всякая замкнутая система стремится к тепловому равновесию, к состоянию максимальной устойчивости, то есть к максимуму энтропии. Ведь биосфера — открытая саморегулирующаяся система, и если в ней энтропия уменьшается, то лишь за счет увеличения энтропии в окружающей среде.

Из внешней среды в «живое вещество» поступает множество сигналов. Эта информация позволяет «живому веществу» наилучшим путем использовать накопленную им энергию. По-видимому, в ходе эволюции постоянно создается «перенасыщение» биосферы информацией. И как электрон в ато-

---

* Подробнее см. *Н. Жуков-Вережников.* Теория генетической информации. М., 1966; *А. И. Перельман.* Геохимия биосферы. М., 1973.

** *Г. Ф. Хильми.* Основы физики биосферы. Л., 1966, стр. 270.

*** Энтропию можно также рассматривать как меру «упорядоченности» данной системы.

ме, получив извне энергию, переходит на более высокий энергетический уровень, так и «живое вещество», накопив «избыточное» количество энергии, переходит на высший организационный уровень, совершив тем самым очередной эволюционный скачок.

По словам Г. Ф. Хильми, «с энергетической точки зрения появление и развитие биосферы на Земле — с ее живым веществом, атмосферой и почвами — следует рассматривать как возникновение грандиозного процесса постепенного накопления запаса превратимой энергии в поверхностном слое планеты и тем самым направленного процесса уменьшения «производства» непревратимых форм энергии в земной природе» *.

Жизнь сравнивают с вихрем, вовлекающим в круговорот все большие и большие количества неорганического вещества. Сравнение образное и точное: в биосфере действительно происходит усиливающийся от эпохи к эпохе биологический круговорот атомов.

Наряду с образованием «живого вещества» и накоплением им энергии совершается и процесс противоположный — превращение сложных органических соединений в минеральные вещества (например, вода). При этом выделяется и энергия, отчасти в форме тепла, но главным образом в форме химической энергии, носителями которой являются природные воды и газы.

«В результате биологического круговорота атомов,— пишет профессор А. И. Перельман,— происходит изменение химического состава биосферы, увеличивается ее разнообразие (информация). Само поступательное развитие биосферы осуществляется через систему круговоротов... За время геологической истории общая масса живого вещества в земной коре превысила ее неорганическую массу.

По мере развития биосферы и аккумуляции солнечной энергии происходила дифференциация вещества, росло число видов организмов, усложнялась их структура, то есть увеличивалась неорганическая и органическая (биологическая) информация. На примере биосферы (исключая человека.— *Ф. З.*) выявляется четкая связь энергии и информации — солнечная энергия является причиной увеличения информации» **.

В конце концов этот «вихрь жизни», это постепенное со-

* *Г. Ф. Хильми.* Основы физики биосферы, стр. 270.

** *А. И. Перельман.* Геохимия биосферы.— «Природа», 1971, № 9, стр. 58.

вершенствование живого вещества привели к качественно новому этапу в развитии биосферы.

На Земле появился человек.

ЧЕЛОВЕК РАЗУМНЫЙ *

Сознание в истории Земли появилось не беспричинно, не из «ничего», а значит, и не неожиданно. Оно увенчало, как итог, всю предшествующую эволюцию мира, как органическую, так и неорганическую. Великий акт появления человека — не случайность, а неизбежный в земных условиях результат непрерывного совершенствования живого вещества. Все шло к тому, что и случилось,— к появлению мысли.

«...В ясно выраженной форме,— писал В. И. Ленин,— ощущение связано только с высшими формами материи (органическая материя), и «в фундаменте самого здания материи» можно лишь предполагать существование способности, сходной с ощущением» **.

И еще:

«...Логично предположить, что вся материя обладает свойством, по существу родственным с ощущением, свойством отражения» ***.

Действительно, все предметы и явления окружающего нас мира находятся во взаимосвязи и взаимодействии. Но «отражение» в философском смысле этого термина и есть проявление этой взаимосвязи, изменение одного тела, вызванное другим. Иначе говоря, отражение — это «след» взаимодействия или взаимосвязи предметов и явлений.

След на проселочной дороге от протектора автомашины — это простейший пример механического «отражения». Отклонение стрелки компаса под действием магнита — «отражение» воздействия магнитных полей. Наконец, обычное отражение предмета в зеркале—это также пример философского «отражения», поясняющий, кстати сказать, и происхождение этого термина.

Высшие формы отражения связаны с жизнью. Как известно, всем живым существам присуща раздражимость — элементарная форма отражения. Она выражается в той или иной

---

* Эта глава, а также «Путь эволюции», написаны по материалам монографии Ю. Г. Решетова. Природа Земли и происхождение человека». М., 1966.

** *В. И. Ленин.* Полн. собр. соч., т. 18, стр. 39—40.

*** Там же, стр. 91.

реакции живых существ на внешние раздражители (свет, колебания температуры и т. п.).

Организм, воспринимая внешние раздражения, делает окружающий мир своим достоянием, тем самым внешнее для него становится «внутренним». Реагируя же на внешнюю среду, организм «внутренне» снова переходит во внешнее.

Раздражимость свойственна даже микроорганизмам. Так, например, пурпурные бактерии, освещенные пучком света, скапливаются в световом кружке, который для них играет роль световой ловушки. Легко вызвать раздражимость инфузорий, воздействуя на них некоторыми химическими веществами. Общеизвестны и реакции растений на внешние раздражители: вспомните, например, движение подсолнухов вслед за солнцем. На более высоком уровне организации раздражимость живых существ переходит в чувствительность — способность отражать отдельные свойства вещей в форме ощущений.

С зарождением нервной системы живые организмы приобретают способность восприятия, то есть отражения целостного образа ситуации. Появляются элементы психики как функции нервной системы, с помощью которой отражение внешнего мира становится целостным и достаточно полным.

Эволюция органического мира выражается, в частности, в совершенствовании форм отражения объективного мира. С момента появления ясно выраженной нервной системы (например, у позвоночных) рост и усложнение психики животных могут быть прослежены на прогрессивной эволюции нервной системы.

В 1851 году американский биолог Д. Дана (1813—1895 гг.) назвал подмеченную им прогрессивную эволюцию мозга у позвоночных «цефализацией», но сам воздержался от каких-либо объяснений этого факта. На «принцип Дана» не обратили внимания ни Ч. Дарвин, ни его ближайшие последователи. Между тем факт цефализации имеет немалое значение. В нем выражается предыстория сознания, его эволюционные, биологические предпосылки.

«Обобщение Дана,— писал В. И. Вернадский,— заключается в следующем: в эволюционном процессе мы имеем в ходе геологического времени направленность. Нет ни одного случая, чтобы появился перерыв и чтобы существовало время, когда добытые этим процессом сложность и сила центральной нервной системы были потеряны и появлялся геологический период, геологическая система с меньшим, чем в предыдущем прежде, совершенством центральной нервной

системы» *. Но следует оговорить, что этот принцип оправдывается лишь на переломных этапах развития живого, а непрерывно прослеживается лишь на той ветви приматов, которая дала человека. Так, среди человекоподобных обезьян наиболее развитыми были крупные австралопитеки, но они все вымерли, а менее развитые гориллы и шимпанзе существуют до сих пор.

При всей сложности психики высших животных в ней отсутствуют понятия — характерная черта сознания. Нет и самосознания, самооценки, присущей человеческому разуму. Зато сильно развито бессознательное — инстинкты. Когда же и как из бессознательного родилось сознание, когда на Земле впервые засветилась мысль?

Рассматривая путь эволюции Земли и жизни, мы остановились на том, что в конце неогена, около 5 млн. лет назад, среди приматов появились высокоразвитые обезьяны — австралопитеки (южные обезьяны). Они были распространены очень широко — от Южного Китая на востоке до Восточной Африки на западе включительно.

Это были обезьяны ростом не более 1,2—1,4 м, с нижними конечностями, очень близкими по строению современным человеческим, что свидетельствует о двуногом способе передвижения. В остальном эти обезьяны были похожи на шимпанзе и имели некоторые черты, близкие гориллам. Только лицо у них не так сильно выступало вперед, было более плоским и походило на человеческое. Судя по строению зубов, они ели все подряд и вели исключительно наземный образ жизни. Это обстоятельство обусловило, по сравнению с другими человекоподобными обезьянами, особенности их поведения. Не обладая колоссальной физической силой, как древние гигантопитеки и современные гориллы, мощными зубами, они должны были компенсировать свою слабость чем-то иным.

Давно уже зоологи заметили, что в трудных условиях животные различных видов (даже те, для которых стадный образ жизни не характерен) собираются вместе, иногда огромными массами. Так и у австралопитеков: по многим данным, они образовывали относительно большие стада, иногда, вероятно, как у павианов, до 200 особей.

Также известно, что многие высшие животные (например, кошки) часто манипулируют предметами. Обезьяны даже используют предметы — палки, камни — в случае необходимости в качестве орудий. У австралопитеков, очевидно,

* *В. И. Вернадский*. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения, стр. 193.

такая орудийная деятельность носила более систематический характер. С помощью палок и камней они подобно шимпанзе убивали ящериц и мелких животных, сбивали труднодоступные плоды, доставали мед земляных пчел.

И вот около 2,5 млн. лет назад австралопитеки некоторых групп перешли к изготовлению орудий и совместному строительству убежищ в виде кольцевых стенок, то есть к труду.

«Сначала труд, а затем и вместе с ним членораздельная речь явились двумя самыми главными стимулами, под влиянием которых мозг обезьяны постепенно превратился в человеческий мозг...

Труд создал самого человека»*. Труд, деятельность рук, развитие мозга, речь, организация общественного производства — вот главнейшие факторы, превратившие первобытное стадо в первобытное общество. Начало же формирования общества совпадает с первоначальным зарождением сознательного труда.

Однако само становление труда еще не характеризуется началом изготовления орудий, так как труд носит общественный, коллективный характер, а у австралопитеков, начавших изготовлять орудия, многие данные говорят за то, что каждый из них готовил орудие и использовал его только для себя, в крайнем случае для своей семьи. Понадобилось еще около двух миллионов лет, несколько эпох похолоданий, когда жизнь в изменившихся, ухудшенных условиях требовала коллективных усилий для того, чтобы выжить. Только около 700 тыс. лет назад, в эпоху крупного и длительного оледенения, охватившего южные районы умеренной зоны и даже некоторые области субтропиков, появились древнейшие настоящие люди — архантропы (питекантропы Явы, Китая, Восточной и Северной Африки и юга Восточной Европы и Палестины). Последнее крупнейшее по площади оледенение, около 100—200 тыс. лет назад, ознаменовалось появлением примитивного разумного человека — неандертальца, а около 50—60 тыс. лет назад, в эпоху последнего оледенения, оформился, наконец, человек современного типа — Homo sapiens.

О происхождении человека написано множество книг **, и здесь нет необходимости подробно останавливаться на этой интереснейшей теме. Подчеркнем, однако, два важных обстоятельства.

---

* *К. Маркс* и *Ф. Энгельс*. Соч., т. 20, стр. 490.

** См., например, *М. Ф. Нестурх*. Происхождение человека. М., 1970; *Ю. Г. Решетов*. Природа Земли и происхождение человека. М., 1966.

В постепенном становлении человека наблюдается прогрессивное развитие центральной нервной системы, ее постепенное усложнение — верный признак совершенствования психики.

Второе не менее важное обстоятельство — ускорение эволюционного процесса. От появления первых млекопитающих до ответвления от них гоминид прошли сотни миллионов лет. Спустя еще примерно 10 млн. лет появились австралопитеки. От них до первых питекантропов протекло еще около 4 млн. лет. Но переход от питекантропа к неандертальцу занял уже всего несколько сот тысяч лет, а спустя сотню тысяч лет на Земле появился «человек разумный».

Но это было не просто появление нового вида. Произошел великий качественный скачок в истории Земли. Возник не просто человек, а человеческое общество. Началась человеческая история, объясняемая своими, особыми социальными законами. Но как писал в свое время К. Маркс, «мы знаем только одну-единственную науку, науку истории. Историю можно рассматривать с двух сторон, ее можно разделить на историю природы и историю людей. Однако обе эти стороны неразрывно связаны; до тех пор, пока существуют люди, история природы и история людей взаимно обусловливают друг друга» *.

Животные приспосабливаются к окружающей среде. В отличие от них человек с помощью орудий труда и общественного производства сам изменяет внешнюю среду, природу, заставляя ее служить своим человеческим целям. Но это воздействие человека на природу пока характерно чертами, отмеченными еще Ф. Энгельсом **:

«На каждом шагу факты напоминают нам о том, что мы отнюдь не властвуем над природой так, как завоеватель властвует над чужим народом, не властвуем над ней так, как кто-либо находящийся вне природы,— что мы, наоборот, нашей плотью, кровью и мозгом принадлежим ей и находимся внутри ее, что все наше господство над ней состоит в том, что мы, в отличие от всех других существ, умеем познавать ее законы и правильно их применять».

В прошлом Земли роль человека была ничтожна. Совсем иначе выглядит эта роль сегодня и особенно в будущем. Какова же эта роль?

---

* *К. Маркс* и *Ф. Энгельс*. Соч., т. 3, стр. 16.

** *К. Маркс* и *Ф. Энгельс*. Соч., т. 20, стр. 496.

НАСТОЯЩЕЕ

...В нашем столетии биосфера получает совершенно новое понимание. Она выявляется, как планетное явление космического характера... Сейчас мы переживаем новое геологическое эволюционное изменение биосферы. Мы входим в ноосферу.

В. И. Вернадский

СТАНОВЛЕНИЕ НООСФЕРЫ

С появлением человека на Земле начал действовать новый, невиданный ранее геологический и космический фактор — человеческий разум. Мысль зародилась в биосфере, и поначалу немногочисленные мыслящие существа были редким исключением в немыслящем растительном и животном царстве. Трудно было бы в ту пору представить себе великое будущее человеческого рода, ту эпоху, когда мыслящие существа своим трудом начнут преобразовывать всю свою планету, когда научная мысль станет, по выражению В. И. Вернадского, планетным явлением.

Между тем исторический опыт человечества показывает, что внутри биосферы зарождается новая, «мыслящая» оболочка Земли — ноосфера. И этот процесс не случайность, а закономерность, подготовленная всем ходом предшествовавшей эволюции материи.

Что же такое ноосфера и почему ее становление может служить прочным фундаментом оптимизма, веры в великое будущее человечества?

Слово «ноосфера» в дословном переводе с греческого означает «сфера разума», или «разумная оболочка» (от греческого «ноос» — разум). Общая идея учения о ноосфере созрела у В. И. Вернадского еще в конце прошлого века, хотя в научный обиход термин «ноосфера» был впервые введен в 20-х годах текущего столетия П. Тейяром де Шарденом и Э. Леруа. Первый из них — известный палеонтолог и в то же время богослов, основной труд которого «Феномен

человека» был недавно издан в Советском Союзе *. Как и богослов Эдуард Леруа, Тейяр де Шарден считал себя последователем и учеником известного французского философа-идеалиста Анри Бергсона, в книге которого «Творческая эволюция» ** прогрессивное развитие органического мира Земли рассматривается с идеалистических позиций как некий процесс постепенного «одухотворения» природы. Тейяр де Шарден и Э. Леруа были знакомы со взглядами В. И. Вернадского, который в 1922/23 году в парижской Сорбонне читал лекции по геохимии и биохимии. Поэтому основоположником учения о ноосфере с полным основанием следует считать нашего великого соотечественника, тем более что философские концепции его французских коллег увели их далеко от естественнонаучных представлений о ноосфере, в сторону метафизических богословских спекуляций. В отличие от них ноосферой В. И. Вернадский называл биосферу, преобразованную разумной деятельностью человека.

Итак, ноосфера — «мыслящая оболочка» Земли, царство человеческого разума. Было бы большой ошибкой отождествлять возникновение ноосферы с появлением на Земле мыслящих существ. В ту пору впервые засверкали на нашей планете отдельные искорки разума, которые занимали лишь малые очаги на поверхности нашей планеты. Да и деятельность их, технически тогда слабо вооруженных, не столь уж сильно отличалась от деятельности животных. Только после овладения человека огнем, когда он смог начать освоение обширных областей Земли, ранее для него недоступных, и особенно после появления человека современного типа, когда резко выросла численность человечества и оно заселило почти все континенты, за исключением Антарктиды, и начало осваивать океанические просторы, результаты деятельности человека стали оставлять следы.

Эти следы исследователи сейчас обнаруживают в форме вторичных, самовосстановившихся лесов там, где прежние леса некогда были сведены, по-видимому, древними людьми. Наряду с растительностью древний человек истребил и многие виды животных, ныне не существующие. И только за время не более чем 6 тыс. лет устанавливаются следы созидательной деятельности человека в виде, например, областей, естественно бесплодных, превращенных в плодородные насе-

---

* *П. Тейяр де Шарден.* Феномен человека. М., 1966.

** См. *А. Бергсон.* Творческая эволюция. М., 1909.

ленные области. Но все это носило более или менее локальный характер.

По мнению В. И. Вернадского, создание ноосферы требует проявления человечества как единого целого и это есть его неизбежная предпосылка.

Лишь после эпохи Великих географических открытий люди составили себе общее, хотя еще и не полное представление о своей планете. Европейцы узнали о существовании неизвестных материков и народов. Аборигены открытых европейцами стран почувствовали на себе несовершенство и агрессивность «цивилизованных» европейских сообществ. Планетарные представления о Земле были приобретены ценою крови и страданий миллионов людей. Но в конце концов человек заселил всю Землю, не исключая и суровейшего из материков — Антарктиды, где на наших глазах был высажен и прочно закрепился международный научный десант.

Производственные, экономические связи народов и стран постепенно привели к тому, что ныне ни одна страна не может нормально развиваться, изолировав себя от других стран и народов. А всякие изменения ситуации на мировом рынке сразу же отзываются в экономике подчас весьма далеких в географическом отношении стран.

Человечество сплачивают не только производственные и экономические связи. Современные средства сообщения, в особенности авиация, делают в принципе легко и быстро достижимым любой уголок Земли. Благодаря средствам сообщения непрерывно идет не только обмен товарами между государствами, но и обмен людьми, совершающийся в различных формах. Радио и телевидение позволяют каждому видеть и слышать то, что происходит от него за тысячи километров. Высокоразвитая техника сделала внутренние информационные связи человечества необычайно мобильными: утром, включая радио или разворачивая газету, мы узнаем главные новости из жизни всего земного шара. Как и производство, наука в наши дни немыслима без интернациональных связей. Государство, оградившее себя от экономических и научных связей с остальным миром, обречено на прозябание. Наоборот, глобальные научные связи, выражающиеся, в частности, в международных конференциях, экспедициях, исследованиях, обеспечивают стремительный рост научной мысли — основы ноосферы. Но ни необходимость и неизбежность тесных производственных, экономических, научных и культурных связей, ни то, что основа существования человеческого общества — производство все

более и более становится общественным, даже общечеловеческим, не делают человечество единым. Общественный характер производства требует и общественной собственности на средства производства, международный его характер требует преодоления узких, групповых интересов, единения человечества. К этому идет производство с тех пор, как возникло человечество.

Неизбежность и закономерность такого хода событий показал марксизм-ленинизм, и это понимал В. И. Вернадский, когда в одной из своих работ о ноосфере говорил, что «уже более чем два столетия, особенно в XX веке, народные массы выступили сознательно на политическую и социальную арену, явились политической силой... Впервые в истории человечества интересы народных масс... определяют жизнь человечества, являются мерилом его представлений о справедливости» *.

Таким образом, зарождение ноосферы есть результат двух взаимосвязанных процессов — развития производства и научно-технической и социальной революций. И то и другое рассматриваются В. И. Вернадским как неизбежный и прогрессивный процесс в эволюции органического мира Земли.

«...Человек сейчас намеренно и стихийно меняет всю окружающую его природу, является геологической силой, ближайшее будущее которой почти безгранично, и человеческий разум и воля способны целиком переработать всю окружающую его природу...

...В гуще, в интенсивности и сложности современной жизни человек практически забывает, что он сам и все человечество, от которого он не может быть отделен, неразрывно связаны с биосферой — с определенной частью планеты, на которой они живут. Они геологически закономерно связаны с ее материально-энергетической структурой.

...Человечество, взятое в целом, становится мощной геологической силой. И перед ним, перед его мыслью и трудом, становится вопрос о перестройке биосферы в интересах свободно мыслящего человечества как единого целого. Это новое состояние биосферы, к которому мы, не замечая этого, приближаемся, и есть ноосфера» **.

---

* Цит. по: *И. И. Мочалов*. В. И. Вернадский — человек и мыслитель, стр. 148.

** *В. И. Вернадский*. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения, стр. 272, 324, 328.

В становлении ноосферы огромная роль принадлежит науке и технике, этим проявлениям человеческого разума. В таких условиях деятельность даже отдельных личностей (ученых, изобретателей, государственных деятелей) иногда приобретает очень большое значение. Вот почему, как указывал В. И. Вернадский, великим основоположникам марксизма-ленинизма в этом отношении принадлежит особая заслуга.

«Маркс, Энгельс, Ленин,— писал В. И. Вернадский,— были крупными мыслителями и не менее крупными политическими деятелями... Социальное благо явилось целью и смыслом их жизни. Мы видим на примере этих людей реальное, огромное влияние личности не только на ход человеческой истории, но через нее и на ноосферу» *.

С другой стороны, переход к ноосфере, становление этой новой оболочки Земли немыслимы без разумной организации жизни и труда огромных, миллионных масс людей. Что, как не сознательный труд народных масс, направленный на благо человечества, может стать реальным фактором в прогрессивном развитии ноосферы? По убеждению В. И. Вернадского, «лишь социальная отсталость мешает проявиться совершающемуся перевороту в реальной силе человека»**, и потому социальные революции, переход от капитализма к социализму и коммунизму есть не менее важные предпосылки создания ноосферы, чем прогресс науки и техники.

Последовательное развитие понятия ноосферы в духе В. И. Вернадского дано, по мнению автора, в обстоятельной работе Ю. П. Трусова и других советских ученых ***. Ю. П. Трусов считает, что в ноосфере могут быть выделены различные структурные элементы, такие, например, как люди, техника, природа, на которую воздействует человек. Следовательно, в ноосфере надо различать ее вещественную сторону (технику, человеческое общество, ту часть природы, которая уже затронута действиями человека) и сторону идеальную (мыслительная деятельность человека, его разум, его знание, иначе говоря, отражение в психике человека в отдельности и человечества в целом объективного мира).

В сущности ноосферу можно рассматривать как сферу взаимодействия природы и общества, в которой люди разум-

---

* Цит. по: *И. И. Мочалов*. В. И. Вернадский — человек и мыслитель, стр. 149.

** Там же, стр. 147.

*** См. сб. «Природа и общество». М., 1968, стр. 28—46.

но и целесообразно, со знанием законов природы направляют и контролируют ход природных процессов *.

Характерно, что, зародившись в качестве оболочки Земли, ноосфера принципиально не ограничена рамками нашей планеты. Могущество разума беспредельно, и уже сегодня человек вступает в эпоху освоения Солнечной системы.

В. И. Вернадский писал: «Мысль не есть форма энергии, как же может она изменять материальные процессы?

...В нашем построении окружающей природы у нас нет, казалось бы, места для человеческого разума, как геологической силы, так как он не является формой энергии...»** Действительно, разум не является формой энергии, а производит действия, как бы ей отвечающие. Наблюдается, возможно, лишь кажущееся противоречие с законом сохранения энергии, решить которое В. И. Вернадский так и не смог.

Заметим, что и сегодня вопрос о механизме превращения идеального в реальное — в сущности главный вопрос в теории ноосферы — остается нерешенным. Важность этой проблемы в свое время была подчеркнута В. И. Лениным:

«Мысль о превращении идеального в реальное *глубока*: очень важна для истории. Но и в личной жизни человека видно, что тут много правды» ***.

И у отдельного человека, и в ноосфере идеальное неотделимо от вещественного. Мыслящий человек органически сочетает в себе идеальное (мысль) и вещественное (мозг). Идеальный компонент ноосферы «овеществлен» в электромагнитных волнах, в книгах и журналах, в социальных и научных организациях, в технике, в нервной системе людей — короче говоря, во всем том, что мыслит или что является вещественным продуктом разума ****.

Как же связано учение о ноосфере, созданное В. И. Вернадским, с теорией научного коммунизма, с марксистско-ленинским учением о природе и обществе?

Связь здесь глубокая, органическая, вытекающая из существа явления. Ноосфера — сфера разума, в которой постепенно должна осуществиться оптимальная регуляция как внутри человеческого общества, так и во внешних взаи-

---

* Подробнее см. *А. И. Перельман*. Геохимия биосферы. М., 1973.

** *В. И. Вернадский*. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения, стр. 272, 328.

*** *В. И. Ленин*. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 104.

**** Подробнее об идеальном и реальном см. *Э. В. Ильенков*. Об идолах и идеалах. М., 1968.

моотношениях общества с природой. Но ведь коммунистическое общество всегда мыслилось марксизмом-ленинизмом как общество, идеально регулируемое в своих внутренних и внешних связях. Тем самым учение о ноосфере смыкается с марксистско-ленинским учением о коммунизме.

Факты показывают, что «ныне жизненной необходимостью для человечества становится разумное использование процессов природы в планетарном масштабе, которое только и может сделать человека подлинным хозяином Земли. Эта необходимость нашла себе выражение и в выработанном естествознанием понятии ноосферы, как сферы организованного посредством сознательной человеческой деятельности взаимодействия природы и общества... Создание такой ноосферы предполагает планомерное использование сил природы в масштабе целых стран и континентов, а это не по плечу капиталистическому обществу, для этого нужна общественная собственность на средства производства. Разумеется, это требует разумного и эффективного планирования производства, целесообразного хозяйствования, что не достигается автоматически и в условиях социализма» *.

Хорошо известно, какое огромное значение придавал К. Маркс науке, ее роли в построении коммунистического общества. «Маркс ясно видел,— писал В. И. Вернадский,— что мысль человека создает производительную силу. Еще больше и глубже это проявится в ноосфере» **.

Вера в силу человеческого разума, в неодолимость прогрессивного развития человечества особенно сильно проявилась у В. И. Вернадского в годы Великой Отечественной войны. В самые тяжелые месяцы, когда положение на фронте оставалось очень напряженным (июль — ноябрь 1941 года), В. И. Вернадский твердо верил в неизбежное поражение фашизма как силы, пытавшейся противодействовать всему ходу мирового процесса, повернуть течение истории вспять.

«Геологическая основа планетарного характера,— подчеркивал он,— не может позволить истории повернуть вспять, восстановить рабство и сделать идеалом неравенство людей... Я смотрю на все с точки зрения ноосферы и думаю, что в буре и грозе, в ужасах и страданиях стихийно родится новое прекрасное будущее человечества... Идеалы

---

* «Основы марксистско-ленинской философии». М., 1973, стр. 245.

** Цит. по: *И. И. Мочалов.* В. И. Вернадский — человек и мыслитель, стр. 154.

нашей демократии идут в унисон со стихийным геологическим процессом, с законами природы, отвечают ноосфере. Можно смотреть на наше будущее уверенно. Оно в наших руках. Мы его не выпустим» *.

Этот несокрушимый оптимизм — характерная черта мировоззрения В. И. Вернадского. Его источник — глубокое осознание неизбежно прогрессивного характера развития органического мира Земли, включая и развитие человечества. В ходе же единого мирового процесса развития, нашедшего свое отражение и в человеческой истории, действуют глубинные силы, сметающие на своем пути всякое противодействие. С этой точки зрения всякие пессимистические прогнозы о неизбежности гибели земной цивилизации выглядят прежде всего как нечто антинаучное.

«Цивилизация культурного человечества,— писал В. И. Вернадский,— поскольку она является формой организации новой геологической силы, создавшейся в биосфере, не может прерваться и уничтожиться, так как это есть большое природное явление, отвечающее исторически, вернее, геологически сложившейся организованности биосферы... Страхи обывателей... о возможности гибели цивилизации связаны с недооценкой силы и глубины геологического процесса, каким является происходящий, ныне переживаемый переход биосферы в ноосферу» **.

В биосфере организующий элемент — живое вещество, в ноосфере — человеческое общество. Совершенно очевидно, что отношение общества к природе в очень сильной мере зависит от социальной структуры общества. Капиталистический строй, частная собственность на средства производства создают принципиальные трудности в формировании ноосферы, в чем мы еще не раз в дальнейшем убедимся. Наоборот, коммунистическое общество есть единственная социальная формация, которой в принципе доступна реализация ноосферы не только на Земле, но и за ее пределами.

Конечно, это не означает, что все совершенное в капиталистических странах неразумно и противоречит ноосфере или что социалистический строй сам по себе, без труда и усилий, автоматически породит ноосферу. Новая геологическая оболочка Земли рождается, как говорил В. И. Вернадский, в грозе и буре — буре социальной и научно-тех-

---

* Цит. по: *И. И. Мочалов*. В. И. Вернадский — человек и мыслитель, стр. 166, 170.

** Там же, стр. 159.

нической революции. Но гром гремит лишь над отживающим свой век капитализмом, который мешает человечеству создать ноосферу.

В развитии ноосферы определяющую роль играют не естественно-биологические, а социальные законы.

ВТОРАЯ ПРИРОДА

Труд, очеловечивший обезьяну, стал важнейшим фактором, определяющим развитие, эволюцию человеческого общества. Ведь кроме членораздельной речи и способности к абстрактному мышлению человека отличает от животных производство орудий труда, то есть техника в самом общем смысле этого слова, и сам труд как общественное, коллективное действие.

Развитие человека, человеческого общества связано с необходимостью расширения производства, а следовательно, с совершенствованием его искусственных органов — орудий, средств труда. «Человек развивается как социальное существо без коренного изменения своей биологической природы... Именно потому, что развитие человека выражается прежде всего в изменении его социальных органов — средств труда, оно не имеет естественных границ» *.

Уже тот факт, что с помощью науки и техники человечество на наших глазах выходит за пределы своей планеты, рождает оптимистическую уверенность в великом космическом будущем человечества. И мы постараемся показать, что эта уверенность покоится на прочных основах.

С появлением человека эволюция в растительном и животном мире, разумеется, не прекратилась. Но отныне не она задает тон в истории Земли. Развитие производительных сил стало движущей силой прогресса человеческого общества.

Нет ни одного континента, где бы не жил и не трудился человек. Даже в Антарктиде, суровейшем из материков, работают постоянные научные станции — первый признак начавшегося на наших глазах заселения Антарктиды. Морские и океанские просторы бороздят бесчисленные суда, в атмосфере летают самолеты, вертолеты, а за ее пределами — космические ракеты. Человек стал на Земле почти вездесущим. А там, где есть человек, присутствует и техника.

---

* «Основы марксистско-ленинской философии», стр. 240.

Человек заметно изменил облик своей планеты. Он покрыл ее поверхность городами и другими поселениями, густой сетью железных и шоссейных дорог, прорыл каналы, создал искусственные водохранилища и зеленые насаждения, засеял поля. Короче, возникли небывалые прежде искусственные ландшафты. С помощью техники человек создал «вторую природу», то есть мир искусственных насаждений, водотоков, бассейнов, сооружений — всего того, чем техника видоизменила окружающую среду. Эта новая среда жизни человека по-новому определяет и его взаимоотношения с естественной природой. Все говорит о том, что человек способен в дальнейшем коренным образом преобразовать природу нашей планеты.

Космонавт, наблюдающий Землю с Луны, даже на фотографиях не обнаружит следов деятельности человека. Только с орбит околоземных стационарных лабораторий и искусственных спутников с помощью специальной чувствительной аппаратуры и увеличенных фотографий обращают на себя внимание массивы полей, некоторые каналы и искусственные водоемы, крупные города и промышленные центры. Так что в целом, как это подтверждают и космонавты, летавшие вблизи Земли, наша планета имеет пока естественный облик.

Но это зрелище из космоса. С нашей же, наземной точки зрения, уже сегодня техническая деятельность человека приобрела поистине планетарные масштабы. Несколько примеров должны подтвердить этот тезис *.

По приближенным оценкам академика А. Е. Ферсмана, за последние пять столетий человечество извлекло из недр Земли не менее 50 млрд. т углерода, 2 млрд. т железа, 20 млн. т меди, 20 тыс. т золота. Тем самым благодаря технике началась искусственная миграция химических элементов, этот «вихрь», создаваемый жизнью и становящийся все сильнее и сильнее.

Лишь за последнее столетие промышленные предприятия выбросили в атмосферу около 360 млрд. т углекислого газа. Ныне ежегодно сжигается 2,5 млрд. т каменного угля, 1,5 млрд. т нефти (наряду с другими горючими материалами). Это означает, что каждый год в земную атмосферу добавляется 8—10 млрд. т углекислоты. Такие количества ничтожны для земного шара или даже для литосферы и атмосферы в це-

---

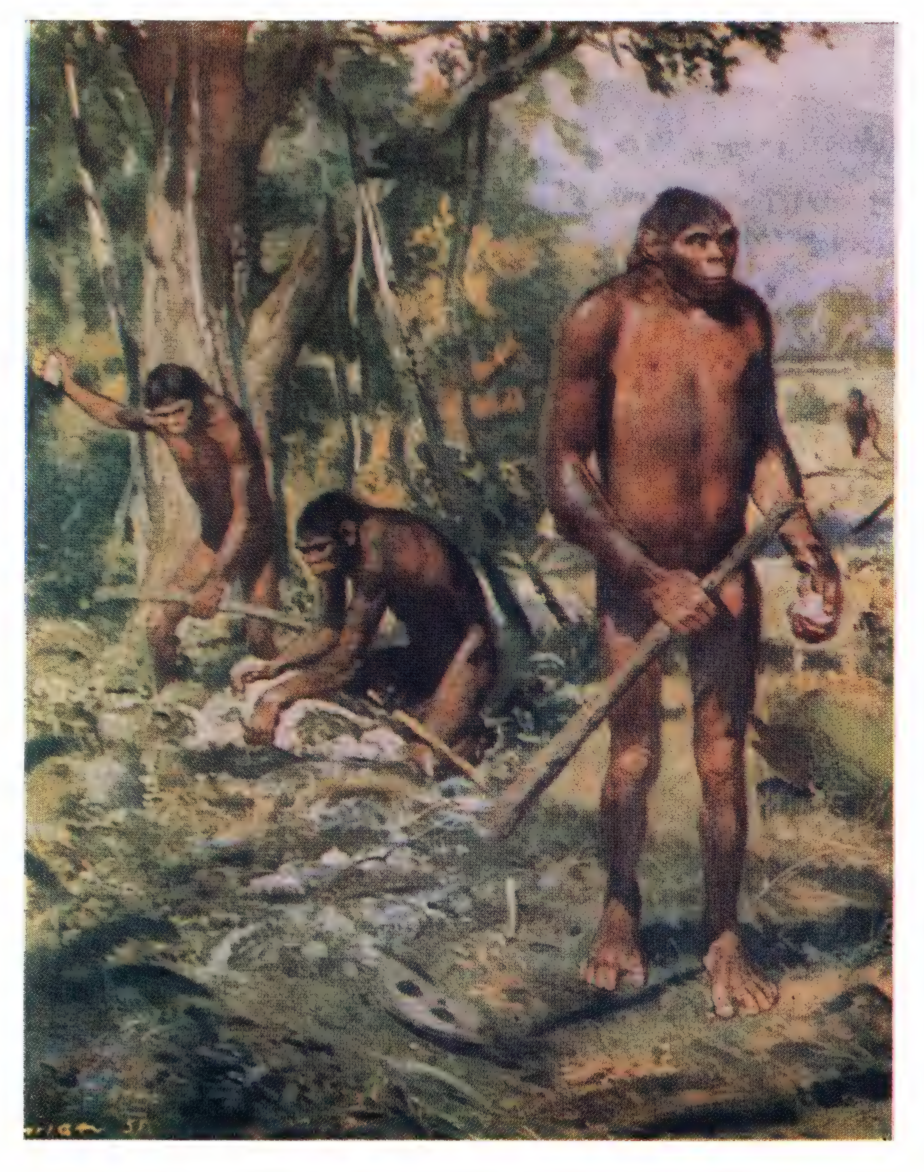
* Подробнее см. «Биосфера». М., 1972, стр. 5.



Космос полон энергии. Эта туманность возникла при вспышке сверхновой звезды

Уже первобытные океаны были населены живыми организмами

На суше когда-то обитали исполинские животные



Труд превратил наших обезьяноподобных **предков** в человека



Пейзаж крупного современного города (проспект Калинина в Москве)

Отходы техники загрязняют среду и портят биосферу, когда нет очистительных сооружений

Богатства биосферы должны быть сохранены (уголок Астраханского заповедника)



Одна из нефтяных вышек, питающих энергией современную технику



Ноосфера расширяется в космос.
На Луне будут созданы города
(с картины А. Леонова и А. Соколова)



В будущем человек, возможно, встретится в космосе с удивительными обитателями иных миров (с картины А. Леонова и А. Соколова)

лом, но зато весьма ощутимы для непосредственно окружающей человека среды.

Загрязняет воздух не только углекислый газ, но и производственная пыль, хорошо знакомая каждому жителю крупного города. Так, на территории Великобритании ежегодно осаждается 4,5 млрд. т этой пыли, а в Нью-Йорке на каждую квадратную милю ежемесячно выпадает 112 т сажи.

На Земле создано более 10 тыс. искусственных водоемов общей площадью около 500 тыс. кв. км, что составляет уже $^1/_5$ общей площади всех естественных озер. Тем не менее проблема получения пресной воды для питья и промышленных целей становится достаточно острой. Так, например, уже к 1980 году в США используемые ныне ресурсы пресной воды могут быть исчерпаны.

Надо, однако, заметить, что на всем земном шаре содержится 30,5 млн. куб. км пресной воды, но из них 97 % сосредоточены в горных ледниках и полярных шапках и пока человеком не используются. В резерве и неопресненные, соленые воды морей, океанов и солоноватые воды подземных источников. Так что человечество использует пока лишь 0,06 % всех запасов воды на земном шаре, равных примерно 1,5 млрд. куб. км *. Однако это не умаляет угрозы водного кризиса.

Человек создал новый тип осадконакопления, например промышленные отходы разного вида. Искусственная порода — цемент ежегодно вырабатывается в количестве около четверти миллиарда тонн. Появилось как плод человеческой техники и огромное множество других новых пород (силикатных, керамических). Человек создает искусственные алмазы, кварц, слюду. Синтетические материалы заполняют не только рынок. Они стали постоянным, растущим в процентном отношении элементом «второй природы».

Развитие промышленности неизбежно связано с нагревом окружающей среды. Сегодня это энерговыделение в ходе промышленных процессов составляет около 0,01 % той энергии, которую получает Земля от Солнца. Но как считают некоторые ученые, через 50—60 лет она может возрасти (при существующих темпах развития промышленности) до 1—2 %, а тогда средняя температура тропосферы возрастет на 1—2°, что вызовет таяние больших масс льда и нежелательные изменения климата всей планеты.

И еще один пример. Благодаря развитию телевидения и радиосвязи Земля превратилась во второе (после Солнца)

* См. «Наука и жизнь», 1970, № 8, стр. 58.

«радиосветило» Солнечной системы. Антенны бесчисленных передатчиков часть радиоволн излучают в космос, и это создает планетарный эффект, в миллионы раз превышающий естественное радиоизлучение Венеры или Меркурия.

«Конец второго тысячелетия,— пишет член-корреспондент АН СССР В. А. Ковда,— завершается глобальным воздействием человечества на структуру и функции биосферы. Развеян миф о бесконечности и неисчерпаемости ресурсов биосферы — водных, биологических, минеральных и др. На любом участке суши или водоема можно встретить «следы человечества». Нарушений «равновесий» в природе так много, что люди все чаще задумываются над проблемой «человек и биосфера». Мощная и разветвленная индустрия, поглощая и перерабатывая много сырья, все сильнее загрязняет планету, размеры которой конечны. Значение обратных связей возрастает, человечество уже испытывает на себе «ответный удар» загрязненной им биосферы... Число проблем общечеловеческого и планетарного значения резко нарастает, а многие «победы» человека над природой нуждаются в пересмотре» *. Об этом говорил еще Ф. Энгельс.

Такой пересмотр должен начаться, очевидно, с теоретического осмысливания происходящего. Надо прежде всего понять, по каким законам развивается ноосфера, а познав эти законы, использовать их на благо человека.

Хотя ноосфера сегодня представляет собой своеобразный результат взаимодействия природы и производственной деятельности человека, ее особенности пока еще остаются схожими с характерными чертами биосферы.

Прежде всего благодаря производственной деятельности человека продолжается (во все ускоряющемся темпе) процесс накопления свободной энергии, способной к «полезному» превращению. Иначе говоря, та открытая энергетическая система, которую мы называем ноосферой, развивается от простого к сложному, от более вероятного (в термодинамическом смысле) к менее вероятному. В ходе человеческой истории усложняются производство и техника, а тем самым уменьшается общая энтропия ноосферы. В ходе технического процесса организация, совершенство производства и техники возрастают.

Как и в биосфере, в ноосфере непрерывно происходит взаимодействие энергии и информации. Но только размах

---

* «Биосфера и ее ресурсы». М., 1971, стр. 5.

и темпы этого процесса, очевидно, больше, чем в «немыслящем» живом веществе.

В биосфере действовал и действует крайне медлительный естественный отбор. Развитие производства, вызывая необходимость совершенствования техники, производит очень быстрый «искусственный отбор», отбрасывая негодные проекты и выбирая лучшее.

Живое вещество вовлекает в «вихрь жизни» множество химических элементов литосферы, гидросферы и атмосферы. Но ведь аналогичная миграция элементов осуществляется и производственной деятельностью человека. Совершенствование производства, его технологии, как катализатор, ускоряет течение химических реакций. Каждые 15—20 лет удваивается производство меди, олова, железа, вольфрама, углерода и других элементов. Производственный вихрь, вовлекающий их в круговорот, крепчает с каждым годом. И он вводит в эту «техногенную миграцию» все новые и новые элементы. Так, еще в начале нашего века алюминий ценился дороже золота, а теперь его ежегодно вырабатывают 7—8 млн. т. И так же как некогда в биосфере, эта искусственная миграция химических элементов стремительно идет к максимальному своему проявлению.

Живому веществу свойственна «агрессивность», стремление вовлечь в «вихрь жизни» как можно большее количество неорганического вещества. Но не те ли качества присущи и ноосфере? Разве с прогрессом науки и техники не вовлекаются в технологические процессы все большие и большие количества природных материалов?

Биосфера эволюционировала с нарастающим ускорением. То же, только в гораздо более сильной степени, происходит и в ноосфере. «Плотность» технических открытий на один и тот же промежуток времени (например, за десятилетие) сейчас несравненно выше, чем сто и тем более тысячу лет назад.

Ноосфера насыщена энергией и информацией. Перенасыщение ее этим содержимым приводит к переходу на более высокий уровень развития. Читатель, вероятно, не забыл, что прогрессивное насыщение энергией и информацией характеризовало и эволюцию биосферы.

Как далеко простираются эти аналогии? В чем сходство и различия двух эволюций — эволюции биосферы и ноосферы?

«БИОЛОГИЗАЦИЯ» ТЕХНИКИ

В подготовительных рукописях к «Капиталу» К. Маркс определяет технику, различные технические устройства как «созданные человеческой рукой органы человеческого мозга, опредмеченную силу знания» *. Но человек не существует и не может существовать вне человеческого общества. Поэтому техника вместе с людьми образует составную часть производительных сил общества. Она развивается по законам общественного производства и является показателем тех общественных отношений, при которых совершается труд **.

Между тем в последнее время за рубежом широко распространились ложные, антимарксистские идеи о техническом прогрессе как единственном двигателе исторической эволюции, независимом от социального строя. Техника при этом рассматривается не с классовых позиций, а как нечто самодовлеющее, независимое от развития социальных отношений. С одной стороны, наблюдается безудержная фетишизация техники, которую изображают как некую неконтролируемую и неуправляемую демоническую силу. С другой — слепое преклонение перед техникой нередко чередуется с машинофобией, безудержными фантазиями о пресловутом «бунте машин», которые когда-то сметут с лица Земли человеческую цивилизацию. При этом, разумеется, «забывают» о главной язве, разъедающей тело современного человечества,— капитализме со всеми его античеловеческими пороками и преступлениями ***.

На самом деле развитие техники не может быть понято в отрыве от истории человека, который был и остается главной производительной силой общества. Развитие техники шло в соответствии с развитием производства, призванного удовлетворять растущие потребности человеческого общества, по законам, впервые открытым К. Марксом. Этим же законам следует и развитие науки.

Древнейшие технические устройства, несмотря на то что человеческая мысль издавна была обращена к явлениям, наблюдавшимся в природе (например, во мраке далеких веков человек уже мечтал о полете, подобном полету птиц, и у него возникла идея создания летательного устройства, подобного крыльям птицы), были основаны на принципах,

---

* См. «Большевик», 1939, № 11-12, стр. 63.

** Подробнее см. *С. С. Товмасян.* Философские проблемы труда и техники. М., 1972.

*** Подробнее см. *Ю. Чаплыгин.* Технотронные иллюзии. М., 1972.

почти не встречающихся в природе. Если принцип рычага в какой-то мере и отражает устройство конечностей животных, то колесо — устройство, которое в природе не имеет аналогов. А ведь рычаг и колесо были основой любых механизмов на протяжении тысячелетий, да и сейчас они не потеряли своего значения.

Тем не менее автору кажется соблазнительным проведение некоторых параллелей в эволюции технических устройств и живых организмов. Так, ранние самолеты в своих формах ничем не напоминали птиц. А ныне те, кто видел в натуре и на снимках наш великолепный воздушный лайнер ТУ-144, согласятся, что этот самолет по облику похож на какую-то исполинскую фантастическую птицу с огромным хищным клювом.

Подобное сходство прослеживается и между самолетами и рыбами — сходство даже более полное. Первые рыбы были не менее неуклюжи, чем первые самолеты, и, видимо, так же тихоходны. Развитие и рыб и самолетов шло по линии приобретения как можно больших скоростей и маневренности. Формы тела одних и фюзеляжей других становились наиболее выгодными для передвижения в водной и воздушной стихиях, поскольку законы гидро- и газодинамики настолько близки, что описываются аналогичными формулами. Правда, эволюция рыб прошла длительный путь естественного биологического развития, а самолеты совершенствовались конструкторской мыслью человека в результате познания законов газодинамики, но известную аналогию все же провести можно.

Другой пример. Новая форма организмов при своем возникновении обычно отличалась небольшими размерами и слабостью. Размеры первых паровозов уступали по величине многоместным конным пассажирским дилижансам, а скорость была так мала, что их легко обгонял хороший наездник. Паровозы в наше время не выдержали конкуренции с тепловозами и электровозами, но перед своим «вымиранием» они удивили мир своими размерами и мощностью (например, наши паровозы серии «ФД»), подобно древним мезозойским гигантским ящерам.

Аналогии между двумя эволюциями — биологической и технической — не исчерпываются приведенными примерами. Следует, однако, подчеркнуть, что все эти аналогии вовсе не означают, что эволюция органического мира Земли и развитие техники — процессы, во всем сходные и подчиненные одинаковым законам. Думать так — это значит совершать грубейшую ошибку, не менее наивную, чем ту,

которую совершает малолетний ребенок, принимая движущуюся игрушку за живое существо.

Биосфера — открытая, самоорганизующаяся, живая система, подчиненная в своем развитии биологическим и физико-химическим законам. Техника мертва и сама по себе развиваться не может. Ее «оживляет» человек, и лишь опосредствованная вмешательством человека техника приобретает в своем развитии некоторые внешние черты сходства с развитием живой природы. Но законы развития техники, разумеется, не биологические, а социальные, которым подчинено развитие человеческого общества. Вот почему в «двух эволюциях» есть не только некоторые черты сходства, но и коренные различия.

Движущей силой биологической эволюции служат изменчивость и естественный отбор. В ходе развития техники отбор производит человек, что упрощает, а главное, несравнимо ускоряет техническую эволюцию по сравнению с биологической. Иначе говоря, в биологической эволюции природа действует по принципу «проб и ошибок», в технической эволюции выбор дальнейшего пути совершается сознательно, хотя, конечно, не всегда безошибочно.

Хотя природа в процессе эволюции действовала «вслепую», она «выжала» из исходного материала все, что возможно, и современной технике приходится лишь завидовать совершенству живых организмов. Но ведь у природы для ее творчества времени было предостаточно. Есть все основания думать, что человек способен намного превзойти природу в несравненно более сжатые сроки.

Главный путь совершенствования человека лежит через социальные преобразования его современной жизни. Совершенствование социальной организации человечества, создание коммунистического общества и гармонизация каждой личности этого общества — вот идеалы, которые способен поставить перед собой и осуществить только человек. И здесь, оставаясь частью природы, человек достигнет вершин своей эволюции.

В органическом мире передача информации от поколения к поколению осуществляет наследственный аппарат живых организмов. Этим обеспечивается преемственность поколений и поступательный ход эволюции.

В общественной жизни новое поколение наследует от своих предшественников средства производства и социальный опыт, воплощенный в языке, мышлении, культуре и традициях. Самое же главное, что в отличие от биологических

сообществ «специфику общественной жизни определяет производственная, экономическая связь. Все формы общественных отношений складываются в конечном счете на базе отношений между людьми, возникающих в процессе производства — производственных отношений, которые цементируют социальный организм, определяют его единство... Биологические законы, как и другие законы природы, не регулируют и не определяют развитие социальных явлений. Общество управляется своими специфическими законами, которые раскрываются историческим материализмом и другими общественными науками» *.

Мы закончим сравнение двух эволюций указанием на их общее свойство — необратимость. В органическом мире оно выражается в том, что, достигнув апофеоза, каждый вид не эволюционирует в обратную сторону, а, постепенно вымирая, уступает место новому виду, более совершенному. Так, скажем, вымирая, пресмыкающиеся не превратились сначала в земноводных, а затем в кистеперых рыб, а просто сошли со сцены, уступив место млекопитающим. В целом биологическая эволюция носит прогрессивный характер, заключающийся в неуклонном повышении уровня организации живых существ.

Исторический опыт человечества показывает, что и в технической эволюции ноосферы дело до сих пор обстояло так же. Каждому очевиден прогресс техники, ее неуклонное совершенствование от каменного топора до современных машин, от телеги до космических ракет.

Но человек — элемент биосферы, наделенный разумом. Все более познавая природу, он стал стремиться заимствовать у живой природы то наиболее ценное, простое, экономичное и эффективное, что было приобретено живыми организмами в ходе длительной эволюции для конструирования технических устройств и целых производственных систем. Это использование «опыта» живой природы в техническом конструировании, как известно, составляет предмет исследований бионики, одного из перспективных направлений науки, возникшего немногим более десяти лет назад.

Бионизация техники — только одна из характерных особенностей ее эволюции. При этом, подражая природе, человек осуществляет не техническую копию живого организма или его части, а его функциональное моделирование средствами техники. С другой стороны, техника начинает все

---

* «Основы марксистско-ленинской философии», стр. 241.

шире и чаще вторгаться в живые организмы, моделируя поврежденные или утраченные его части (вспомните всевозможные протезы — от искусственной ноги до искусственного сердца!). Начало этого процеса пока, конечно, скромное, но перспективы самые заманчивые — «оживление» техники, то есть приобретение техническими устройствами свойств, а иногда и внешнего облика живой природы.

Но человек не только использует в техническом конструировании «достижения» природы. Он переходит к использованию в постепенно увеличивающихся промышленных масштабах для нужд производства некоторых природных процессов, идущих в результате жизнедеятельности микроорганизмов. Мы говорим о микробиологическом производстве отдельных продуктов и лекарств, о развитии и расширении которого сказано в Директивах XXIV съезда КПСС. Здесь мы уже имеем дело с прямой биологизацией производства, причем речь идет не только об использовании в производстве жизнедеятельности известных микроорганизмов, но и о создании новых, с заданными свойствами.

Автоматизация — другое, не менее важное направление в развитии современной техники *. В автоматике трудовые функции человека передаются техническим устройствам, причем это частично относится не только к физическому труду человека, но и к его умственной, интеллектуальной деятельности.

Каждый автомат — это в сущности техническое устройство, функционирующее по заданной программе без непосредственного вмешательства человека. Моделирование умственной работы человека в технологическом процессе — главная черта современной автоматики.

Как далеко пойдет дальнейший прогресс автоматов, сказать трудно. Однако уже и сейчас очевидно, что автоматы успешно могут заменить человека во многих сферах его трудовой деятельности и что автоматизация и бионизация техники — важнейшие черты в технической эволюции ноосферы.

Благодаря автоматизации человек постепенно освободится от непосредственного осуществления производственных функций. Зато возрастет его роль в управлении производством, в конструировании, планировании и прогнозировании производственного процесса.

Все это в огромной степени увеличит возможности чело-

* Подробнее см. *Г. С. Гудожник*. Научно-технический прогресс. М., 1970.

века не только в удовлетворении его потребностей, но и в познании природы, в управлении процессами, в ней происходящими, освободит его для творческого, познавательного и преобразовательного труда.

Но на пути к этому будущему человечеству придется преодолеть немало трудностей; одной из важнейших в наши дни по праву считается экологическая проблема — тот разлад человека с природой, который, усугубляясь социальными пороками капиталистического общества, вызывает сегодня всеобщую озабоченность.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА

Лет около ста назад в научный обиход был введен новый термин — «экология». В современном естествознании экологией называют раздел биологии, изучающий взаимоотношения организмов с окружающей средой. Хотя развитие человеческого общества подчиняется особым социальным законам, с биологической точки зрения человечество можно рассматривать как некоторую совокупность организмов, взаимодействующих с внешней средой. С этой точки зрения экологические исследования могут и должны быть распространены на человечество с той, однако, весьма существенной оговоркой, что характер взаимодействия природы и общества определяется в первую очередь социальными, а не биологическими законами.

На ранней стадии развития общества, когда основным источником существования были охота и собирательство, человек не отделял себя от природы, находился с нею в гармоничном единстве. Позже, когда слишком бурная его деятельность привела человека к необходимости искать себе новые источники существования и человек перешел к земледелию и скотоводству, взаимоотношения человека и природы изменились. Засухи или, наоборот, наводнения, например, уничтожали урожай, вызывали гибель скота. И природа стала восприниматься человеком как нечто враждебное. Борьба против засух и наводнений путем проведения каналов и строительства дамб вызвала к жизни такие понятия, как «покорение природы», «борьба с природой»,— терминологию, прочно укоренившуюся даже в современном языке.

Но времена меняются. И если прежде, «борясь» с природой, человек не задумывался об обратных связях, о последствиях своей «борьбы» и своих «побед», то в современном

мире природа начинает жестоко мстить человеку за его неразумное к ней отношение. Обратные связи уже сегодня дают себя знать все больше и больше, особенно в развитых капиталистических странах.

В частности, об этом говорит Генеральный секретарь Компартии США Гэс Холл в своей книге «Экология: способно ли человечество выжить при капитализме?». «Загрязнение окружающей среды,— пишет Г. Холл,— представляет не только серьезную социальную проблему будущего, но и сегодня пагубно влияет на здоровье и жизнь людей. Оно угрожает всей жизни на нашей планете» *.

Вопрос, поставленный в названии книги Г. Холла, конечно, не случаен. Именно капитализм, эта отживающая общественная формация, всячески поощряющая пресловутую «частную инициативу» с ее духом торгашества и делячества, породил то бездумное, потребительское отношение к природе, которое в капиталистических странах уже сегодня сделало экологическую проблему «проблемой номер один». И если бы капитализм не шел к своему концу, а остался надолго общественной формацией большинства стран, человечеству, вероятно, грозила бы экологическая катастрофа.

Пытаясь извратить действительное положение дел, некоторые зарубежные социологи представляют существующий разлад человека с природой как неизбежное следствие бурного развития техники и индустрии. Спасение от экологической катастрофы они видят не в переходе всего человечества к высшей общественной формации — социализму и коммунизму, а в отказе от технического прогресса, в возвращении к патриархальным формам жизни.

Нелепость такой позиции вряд ли требует пояснений. Социальная и техническая эволюция человечества так же необратима, как и предшествовавшая ей эволюция животного и растительного мира Земли. Задача состоит в том, чтобы «вписаться в биосферу», чтобы мир «второй природы» вошел органически в ее состав, не губя живое, а, наоборот, способствуя переходу биосферы в ноосферу. Такую задачу в принципе может решить лишь общество социалистическое и тем более коммунистическое.

Не следует это понимать, конечно, так, что в современных социалистических странах, в частности в СССР, экологической проблемы не существует. Эта проблема приобрела сегодня глобальный характер.

---

* «Проблемы мира и социализма», 1972, № 4, стр. 94.

Земля — космический корабль. Это образное сравнение уже не раз использовалось в печати. Будет хорошо, если глубина этого сравнения дойдет до нашего сознания. Земля действительно «космический корабль» с непрерывно растущим в своей численности экипажем. Как и всякий космический корабль, Земля обладает ограниченными, хотя и весьма значительными запасами вещества и энергии. На Земле, как и на космическом корабле, действует практически замкнутый экологический цикл, правда использующий для своей реализации внешний источник энергии — Солнце, совершается замкнутый круговорот живого вещества — разложение умерших организмов и рождение новой жизни, вовлекающей в жизненный вихрь все новые и новые массы неорганического вещества.

Развитие человечества идет в направлении освоения для собственных нужд все большего и большего количества вещества и энергии. Этот естественный процесс роста осуществляется с помощью непрерывно прогрессирующей техники производства.

Однако производство создает не только ценности, но и отходы. И эти отходы уже начали угрожать самому существованию человечества. Покажем это на конкретных примерах *.

Загрязнение воздуха в промышленных и жилых центрах капиталистических стран дает чувствовать себя уже сегодня. Дымящие трубы бесчисленных предприятий, выхлопные газы миллионов автомобилей, радиоактивное заражение атмосферы, газы, выделяющиеся из гниющих отбросов, и многое, многое другое отравляют воздух, создают угрозу здоровью, жизни.

Ежегодно США выбрасывают в атмосферу 164 млн. т различных ядовитых веществ, половина из которых приходится на выхлопные газы автомобилей. Эти газы содержат 77 % окиси углерода — ядовитого вещества, которое, попав в организм человека, соединяется с гемоглобином и тем самым нарушает нормальное снабжение органов, в частности мозга, кислородом.

Судя по всему, отравление атмосферы выхлопными газами автомобилей по крайней мере в ближайшее время будет возрастать. Сейчас во всем мире ежегодно выпускается 25 млн. автомобилей с годовым приростом производства в 10 %.

---

* Подробнее см. *А. Ленькова.* Оскальпированная Земля. М., 1971.

Производственная пыль — результат неполного сгорания топлива и других процессов — создает над крупными городами США и других капиталистических стран серое марево.

Особенно вредны отходы химической промышленности. Воздушные течения переносят эти вредные вещества на огромные расстояния. Так, задымленный воздух Вашингтона содержит серу сталелитейных заводов Питтсбурга и углекислый газ чикагских такси.

В Вашингтоне после каждого дождя на мраморных зданиях и памятниках образуется разъедающая их серная кислота. Этот «каменный рак» подтачивает бесценные скульптуры Рима, Милана и других крупных европейских городов. Концентрация предприятий и населения в крупных городах и промышленных районах создает особенно неблагоприятные условия для здоровья людей. А ведь эти «центры цивилизации» непрерывно растут! В Большом Нью-Йорке с пригородами уже живут 15 млн. человек, в Большом Токио — 14 млн. Недалеко от них ушли Большой Лондон (13 млн. человек), Париж (9 млн. человек).

В Рурском промышленном районе живут и работают 11 млн. людей. За несколько лет утроилось население Калькутты (6,5 млн.), Лимы (2,5 млн.). Сегодня на Земле насчитывается 133 города с населением более 1 млн. жителей и 1784 города с населением больше 100 тыс. человек. Около 34 % обитателей Земли живет в городах. Если рост городов продолжится и дальше, то к концу века 80—90 % населения земного шара станут горожанами, а крупнейшие из этих городов будут иметь десятки миллионов жителей!

Уже сегодня крупные города капиталистических стран задыхаются от загрязненной атмосферы, от удушающего смога — смеси дыма, копоти, пыли, водяных паров и ядовитых газов. Над головами жителей Нью-Йорка постоянно висят тысячи тонн яда. За один год «с неба» ньюйоркцев окутывает 1,4 млн. т угарного газа (окиси углерода), по 0,5 млн. т двуокиси серы и углеводорода, около 300 тыс. т окиси азота и около 200 тыс. т пыли и сажи. В этой невеселой статистике далеко не последнюю роль играют самолеты. При старте четырехмоторного реактивного самолета остается ядовитый шлейф, равноценный выхлопам огромного числа автомобилей.

На наиболее оживленных перекрестках в Токио регулировщики пользуются противогазами или сменяются каждые полчаса, чтобы забежать в участок подышать кислородом из баллона. Кстати сказать, в центре Токио уже торгуют

кислородом, и каждый задыхающийся пешеход может, опустив монету в кислородный автомат, освежить себя. В Лондоне за последние годы от смога умерли тысячи людей. В Чикаго при сырой погоде прямо на ногах расползаются нейлоновые чулки, а в Руре покрытые густой пылью кусты напоминают серые пугала. Что же касается рурского смога, то он за месяц-два заметно разъедает даже стальные плитки. И таким воздухом постоянно дышат миллионы людей!

Загрязнение атмосферы, усиливающееся с каждым годом, грозит не только отравлением. Выделяющийся в атмосферу в ходе промышленных процессов углекислый газ подобно одеялу, как считают некоторые исследователи, в будущем может создать «тепличный эффект» *.

Ведь углекислота, накопившись в атмосфере, будет препятствовать рассеянию теплового излучения планеты. А это приведет к разогреву среды, окружающей человека. Если все это так, то на тепловом балансе Земли скажется и тепло, выделяемое в процессе производства и энергетическими установками. Сегодня это тепло составляет сотую долю того количества тепловой энергии, которую Земля получает от Солнца. Но лет через 50—70 (если темпы развития техники не снизятся) оно возрастет примерно в сотню раз, что, как предполагают, вызовет нежелательные нарушения климата (например, таяние полярных льдов со всеми, не всегда предвидимыми, последствиями). Впрочем, поглощение углекислого газа растениями и океаном, а также и другие процессы, по имеющимся данным, блокируют проявление «тепличного эффекта» в земной атмосфере.

Наряду с воздухом пресная вода — источник жизнедеятельности человека. Ее земные запасы внушительны — около 50 тыс. куб. км (не считая льдов). Иначе говоря, на каждого жителя Земли сегодня приходится более 10 тыс. куб. м воды — почти целое озеро! Но пресная вода нужна не только человеку. Ее используют на заводах и фабриках, для бесчисленных машин и в сельском хозяйстве. А использованная вода уже не пригодна для питья. Из нее получается вода сточная, отравляющая водоемы. Между тем крупней-

* В 1971 году этот вопрос был исследован с помощью электронно-вычислительных машин. Результаты оказались отрицательными: даже если бы можно было в одно мгновение сжечь все разведанные и добываемые запасы топлива, концентрация углекислоты в атмосфере все равно не достигла бы величин, критических для теплового баланса Земли и для жизни. Тем не менее такая возможность продолжает обсуждаться.— *Прим. ред.*

шие реки (Амазонка, Конго) и ряд других богатых резервуаров пресной воды находятся в малонаселенных районах Земли и потому почти не используются.

В капиталистических странах загрязнение пресных водоемов стало повальным бедствием. Речная сеть оказалась удобной для сброса всяческих отходов и удаления нечистот. Множество рек превратились в сточные канавы. Загрязняются моря и даже Мировой океан.

От знаменитого плавания Тура Хейердала на «Кон-Тики» до последней его эпопеи на «Ра» прошло немного лет. Но океан изменился неузнаваемо. Вместо чистой океанской глади Хейердал и его спутники всюду видели радужные пятна нефти, сгустки мазута, различный плавающий мусор.

В реки спускают теплую воду от паровых котлов, подвергая их термическому «загрязнению». В подогретой реке кислород частично испаряется в воздух, возрастает масса сине-зеленых водорослей, которые, погибая, создают на дне разлагающиеся коричневые осадки, заражая водоток сероводородом.

Постоянное загрязнение Рейна стало национальным бедствием для ФРГ и Нидерландов. В крупнейшем городе Нидерландов Роттердаме санитарная инспекция однажды закрыла водопровод и запретила населению употреблять из него воду в пищу. Торговые компании решили заработать на этом. В срочном порядке они завезли чистую воду из Норвегии и по повышенной цене стали продавать ее в продовольственных магазинах.

В 1971 году на свалках двух городов Западной Германии были обнаружены отходы, содержащие такое количество мышьяка и цианистого калия, которое достаточно для уничтожения населения всего земного шара. А пока искали виновных, в Рурской области нашли еще 200 тыс. т отходов производства аммиака и серной кислоты, крайне ядовитых для человека.

Ядовитые химические канцерогенные вещества с полей смываются в реки, на поверхности рек часто видны радужные пятна и пленка нефти. Близ Чикаго в одной из рек 16 % рыбы оказалось пораженной раком. Что же касается океанов, то в них ежегодно при промывке танкеров сбрасывается до 10 млн. т нефти (не считая загрязнения при авариях исполинских «нефтяных» кораблей).

Ветры и дожди ежегодно приносят в Мировой океан 200 тыс. т свинца, 5 тыс. т ртути и других вредных для жизни веществ. И хотя на весь объем воды в океане это состав-

ляет незначительное количество, все же в отдельных, особенно прибрежных, местах концентрация таких веществ может превысить всякие допустимые пределы. Главное же заключается в том, что некоторые морские организмы (например, рыбы или моллюски) концентрируют в своих тканях ядовитые вещества. Выловленные и употребленные в пищу людьми, они вызывают тяжелые отравления и болезни, иногда наследственные. Вместе с нефтью ядовитые соединения местами уничтожают растительный планктон, рыбу, тем самым сокращая численность рыбы и других организмов, питающихся планктоном, и обедняют воду кислородом.

Отходы иногда создают горы мусора. В 1970 году граждане США выбросили 50 млрд. жестянок из-под консервов, 30 млрд. стеклянных бутылок и банок, 4 млн. т ненужных пластмассовых изделий. Выбрасываются на свалку даже автомобили. Автомобильные кладбища, эти гекатомбы изуродованных машин, встречающиеся в окрестностях крупных городов США, служат своеобразными памятниками человеческого безрассудства.

Хотя в США проживает всего 6 % населения земного шара, на их долю приходится 40 % мирового загрязнения окружающей среды. Как тут не вспомнить пророческие слова Карла Маркса: «Культура, если она развивается стихийно, а не направляется сознательно... оставляет после себя пустыню» *.

Индустриализация сопровождается колоссальным потреблением природных ресурсов и глубокими изменениями природной среды. «Распашка больших территорий суши (около 10—12 %), использование под пастбища (17 %),— пишет член-корреспондент АН СССР В. А. Ковда,— вырубка лесов, сооружение плотин и каналов, оросительных систем, обширные горно-геологические разработки, эрозия почв, применение удобрений, пестицидов, мелиорация, загрязнение почв, водоемов и атмосферы индустриальными отходами и многие другие виды деятельности человека вносят в природу большие изменения, которые нарушают сложившиеся системы и отношения в биосфере Земли. Часто эти изменения имеют негативный и, что особенно опасно для будущего человечества, необратимый характер» **.

Приведем примеры того, как незнание законов, управляющих биосферой, делает вмешательство человека в жизнь

---

* *К. Маркс* и *Ф. Энгельс*. Избранные письма. М., 1953, стр. 202.

** Сб. «Биосфера и ее ресурсы». М., 1971, стр. 7.

животных и растений нежелательным, а то и вредным (даже если это вмешательство вызвано самыми добрыми побуждениями).

На острове Бали решили избавиться от москитов и опрыскали жилища рыбаков ДДТ. Москиты исчезли, но вскоре начали гибнуть ящерицы, питавшиеся этими насекомыми. За ящерицами наступил черед кошек, кормившихся ими. Вскоре на острове не осталось почти ни одной кошки, и поэтому появились несметные полчища крыс, принесших с собой чуму. Срочно завезли новых кошек. Но тут начались новые беды: как только кошка вспрыгивала на крышу дома, крыша обрушивалась. Оказалось, что после исчезновения ящериц на острове развелось множество термитов, которые источили все балки в домах.

Биосфера как саморегулирующаяся система постоянно находится в динамическом равновесии. Если нарушить это равновесие, последствия могут быть самыми неожиданными.

Казалось бы, для увеличения продуктивности сельского хозяйства надо всемерно увеличивать посевные площади. Но вот распахали плодородные поймы, степи, склоны. Усилилась эрозия почв. Ветры и паводки стали сдирать почву, началось быстрое образование оврагов. В итоге от непродуманного хозяйствования за последнее время для земледелия потеряны миллионы гектаров земли. Очевидно, что, планируя какое-нибудь мероприятие в биосфере, надо добиваться того, чтобы равновесие в природе сохранилось и последствия вмешательства человека были благоприятными и для него, и для природы.

Сооружение исполинских плотин и водохранилищ — доброе дело. Но при этом приходится учитывать, как меняется режим реки, как заиляется ее дно и какой ущерб понесет рыбное хозяйство, когда во время нереста рыба из-за плотин не сможет подняться к истокам реки.

Уничтожение волков всегда считалось хорошей охотой. Казалось, есть и польза от этого занятия: ведь истребляются хищники. Но вот, когда в арктических районах Канады истребили волков, невиданно размножились олени карибу, на которых охотились волки. В итоге, уничтожив волков, погубили и пастбища, почти начисто истребленные оленями.

Надо заметить, что хищники выполняют и важную «селекционную» роль: они истребляют преимущественно слабых и больных особей, что препятствует распространению болезней и закреплению наследственных недостатков. Эта «мудрость» природы — результат ее длительной эволюции,

и вмешательство людей в жизнь живого вещества должно быть разумным.

Проблеме разумного вмешательства человека в жизнь биосферы посвящено немало книг, но особого внимания заслуживает уже цитированный выше сборник *.

В Советском Союзе и других социалистических странах загрязнение среды хотя и происходит, но далеко не в таких катастрофических масштабах, как в крупнейших капиталистических странах. А главное, сознательно регулируемое общество, то есть общество социалистическое, способно так регулировать свое взаимодействие с природой, что результаты этого взаимодействия будут полезны и природе и обществу. Важные обнадеживающие шаги в этом направлении уже сделаны.

Еще в сентябре 1972 года Верховный Совет СССР принял специальное постановление «Об усилении охраны природы и улучшении использования природных ресурсов», в котором намечены конкретные мероприятия, сочетающие дальнейший технический прогресс с сохранением и даже улучшением живой природы. Это постановление было весьма своевременным: по подсчетам Госплана СССР, от неправильного и нерационального использования природных ресурсов, а также от неправильного воздействия на окружающую среду наша страна ежегодно несла ущерб, исчисляемый многими десятками миллиардов рублей **. И вот буквально на глазах, за какие-нибудь два-три года повсеместно осознана серьезность экологической проблемы. Этой теме посвящены сотни книг, тысячи статей ***.

Отрадно меняется и тон прессы. Если раньше, в особенности за рубежом, положение представлялось почти безвыходным, то ныне все чаще и чаще предлагаются конкретные позитивные решения проблемы, публикуются сообщения и о первых успехах в возрождении погубленных человеком участков биосферы.

Мы рассмотрим здесь возможные пути оптимизации биосферы, то есть гармонического соответствия человеческой деятельности и природы. Тема эта сложная, многоплановая, и потому мы ограничимся только несколькими примерами принципиального характера.

Производство и технические устройства создают отходы,

---

* См. «Биосфера и ее ресурсы». М., 1971.

** См. «Вопросы философии», 1973, № 1, стр. 59.

*** См. дискуссию по экологической проблеме («Вопросы философии», 1973, № 1—4).

грязь. Но неизбежно ли это? Кто-то из химиков метко сказал, что «в химии нет грязи. Грязь — это химическое соединение в неподходящем месте». Если это так, то отходы — это вещество и энергия, которые мы пока не научились использовать для нужд человека и природы.

Известно, например, что множество ТЭЦ, работающих на угле, выбрасывают в атмосферу — «на воздух» — огромные количества сернистого газа. Между тем пашни и луга испытывают сернистое голодание, им нужно большое количество серы. Одно время на одной из московских ТЭЦ действовала установка, которая извлекала из дымовых отходов и выдавала в жидком виде сернистый газ. Эта ТЭЦ перешла на газ, и нужда в такой установке отпала. Но ведь остались ТЭЦ, работающие на угле.

Радикальный выход, очевидно, заключается в создании безотбросовой технологии, беструбных и бессточных заводов. Иначе говоря, идеальное производство будущего должно работать на замкнутых технологических циклах: сырье — производство — отходы — сырье и т. д. При этом, конечно, вовсе не обязательно, чтобы отходы превращались в сырье для того же производства. Важно, чтобы они с пользой были употреблены для человека, техники, природы, а не рассматривались бы как отбросы, которые нужно забросить как можно дальше.

В будущем производственная деятельность человека должна раздвоиться на деятельность производящую и компенсирующую последствия производства, то есть обеспечивающую превращение отходов в сырье. Эта вторая сторона деятельности потребует уже сегодня, очевидно, не меньших творческих усилий, чем первая. Но не здесь ли во всей своей мощи должен осуществиться человеческий разум — основа ноосферы? Не на этом ли благородном поприще наглядно выявятся преимущества социалистической организации общества перед хищническим потребительством капитализма?

Не будем преуменьшать трудности создания безотходной технологии: они огромны, и в этом направлении делаются пока лишь первые, правда, весьма обнадеживающие шаги. Так, например, академик Ф. Ф. Давитая предложил технологический процесс, в ходе которого при создании полезных вещей извлекается углекислый газ из атмосферы, а взамен в воздух поступает кислород — замечательный аналог жизнедеятельности растений *. Пока же вполне реальным, хотя

* См. *Ф. Ф. Давитая.* Загрязнение земной атмосферы и проблема свободного кислорода.— «Вестн. АН СССР», 1971, № 7, стр. 71.

и далеко не совершенным средством борьбы с загрязнением среды служат различные очистительные устройства.

За последнее пятилетие, по данным Госплана, на улучшение окружающей среды (в том числе и на очистительные устройства) было затрачено 28 млрд. рублей. К 1975 году в бассейнах Волги и Урала очистные сооружения будут созданы на 421 предприятии. Уже осуществлены эффективные меры, препятствующие дальнейшему загрязнению Байкала.

В Москве на сотнях предприятий работают уловители вредных газов и частиц угля. Десятки вредных производств и предприятий выведены за пределы Москвы, большая часть котельных переведена на газ. В итоге воздух столицы стал чище, чем десяток лет назад.

Все это, конечно, весьма отрадно. Но очистительные сооружения пока обходятся очень дорого: на Байкале они составили 25% от стоимости загрязнявшего озеро завода, а на Щекинском комбинате под Тулой — до 40%. Ясно, что при таких затратах оборудовать каждое предприятие очистительными устройствами пока невозможно. Еще дороже обошлось бы введение замкнутых циклов в производстве. И тем не менее средства, вкладываемые нашим государством в эти мероприятия, с каждым годом растут и, несомненно, будут расти. Пока же в качестве временного средства предлагается так размещать производственные объекты на территории нашей страны, чтобы их отходы причиняли наименьший вред природе и человеку.

В загрязнении среды немалая роль принадлежит транспорту. Современный автомобиль при пробеге в 900 км расходует столько же кислорода, сколько использует его водитель для дыхания в течение целого года. А ведь уже сегодня по дорогам планеты снуют около 250 млн. автомобилей! Пассажирский же самолет за один трансатлантический рейс расходует 35 т кислорода. По подсчетам академика Ф. Ф. Давитая, техника ежегодно извлекает безвозвратно из атмосферы более 10 млрд. т кислорода! Допустимо ли дальнейшее бесконтрольное и прогрессирующее расходование кислорода атмосферы? Не задохнется ли человечество когда-нибудь во всемирном смоге, который окутает Землю?

С 1970 года метеослужба США начала систематическое апробирование воздуха в городской, сельской местности и над Мировым океаном, где работают американские исследовательские суда. Пока что тревожные, порой катастрофические, данные поступают с улиц крупных городов и промыш-

ленных центров, что же касается сельских районов и океанских просторов — там деятельность человека, по этим данным, не отражается на составе атмосферы, в том числе и на содержании кислорода. Но эти данные не дают оснований для успокоения: кислород в основном на земном шаре возобновляется в результате жизнедеятельности наземной растительности, и если способы ведения хозяйства останутся прежними, как это имеет место в западных штатах США или в Австралии, то огромные площади пахотных земель будут превращаться в бесплодные «черные пустыни», наступит время, когда человечество может стать перед фактом «кислородного голода». И как справедливо заметил один зарубежный эколог, «либо люди сделают так, чтобы на Земле стало меньше дыма, либо дым сделает так, что на Земле станет меньше людей».

Радикальное решение проблемы, очевидно, заключается в создании таких средств транспорта и других технических устройств, которые бы не «воровали» кислород из атмосферы, не засоряли бы ее вредными газами и дымом. Электромобили и парокаты (автомобили на паровых двигателях), пневматический транспорт, возрождение дирижаблей на новой технической основе — вот лишь некоторые из возможностей, намечаемых уже сегодня. Пока же в качестве временного средства стараются загрязнение, создаваемое двигателями внутреннего сгорания и реактивными двигателями самолетов, свести к минимуму. Не удастся ли в будущем и для транспорта использовать «растительную» технологию, предложенную академиком Ф. Ф. Давитая?

Раньше при застройке новых районов деревья вырубались безжалостно. Между тем крона большого дерева за час поглощает 2,5 кг углекислого газа — столько, сколько его содержится в 5000 куб. м воздуха. Всего 25 кв. м поверхности листьев за день выделяют столько кислорода, сколько нужно человеку, чтобы прожить сутки. А ведь кроны деревьев содержат сотни тысяч листьев! Значит, срубить дерево — это обеднить атмосферу кислородом, уничтожить долгодействующий источник его восполнения. Эта тривиальная истина теперь осознана всеми, и градостроительство в нашей стране предусматривает максимальное сохранение естественных растений и создание искусственных насаждений, а ведь растения составляют 99 % массы всего живого вещества Земли.

Еще одна характерная черта сегодняшнего состояния экологической проблемы: начинают возрождаться загрязненные

ранее водоемы, жизнь возвращается туда, где она была истреблена неразумными действиями человека.

Несколько лет назад во время паводка на Москве-реке открыли плотину, пустили мощный вал паводковых вод и промыли грязное дно реки. Ныне у Ленинских гор летом действуют купальни и появилась рыба. Очистительные устройства в ряде случаев достигли высокого совершенства. Так, например, Рязанский нефтеперерабатывающий завод спускает в Оку такие промышленные воды, которые чище речной воды.

В ряде портов нашей страны успешно действуют суда-губки, которые отсасывают с поверхности моря пленку нефти. Нефть потом отделяют от воды, а очищенную воду снова спускают в море.

Значит, техника может «ужиться» с природой и, более того, человек способен обогатить биосферу новыми лесами, водоемами, растениями и животными.

В Сингапуре воду выдают по карточкам, в Бари (Италия) за литр ключевой воды платят 70 лир. Но под Сахарой открыто подземное пресное «море», а под Западно-Сибирской низменностью — подземное водохранилище по площади лишь в три раза меньше Европы. Огромные запасы нефти и других полезных ископаемых обнаружены под дном в прибрежных районах Мирового океана. Наша планета таит в себе еще колоссальные запасы ценнейших для человека веществ.

Как уже не раз подчеркивалось, экологическая проблема должна решаться глобально *. Не только в Советском Союзе, но и за рубежом в ряде стран возрождению погубленной природы уделяется серьезное внимание. Наша страна активно участвует во всех международных мероприятиях, связанных с охраной природы, с борьбой против загрязнения среды. В сущности эта борьба преследует единственную цель — постепенное превращение биосферы в ноосферу.

В истории жизни на Земле можно выделить три этапа. Первый из них продолжался до появления человека. Биосфера в ту пору характеризовалась «сбалансированной экологией», то есть четким саморегулированием, обеспечивающим не только длительное существование живой оболочки Земли, но и ее прогрессивное развитие. Второй период характерен стихийной деятельностью человека. Бездушное, неразумное подчас и в общем потребительское отношение

* См. «Вопросы философии», 1973, № 1, стр. 48—70.

к природе поставило человека во враждебное отношение к биосфере. Ныне стало ясно, что «борьба» с природой, «покорение» ее может при некоторых условиях грозить человечеству большими неприятностями. Сейчас на наших глазах начинается третий период — период планового регулирования отношений человека с природой.

От «борьбы» и «покорения» человечество переходит к содружеству с природой, к «вживанию» в биосферу. Процесс этот не простой и далеко еще не во всем нами осознанный. Непредвиденные последствия вмешательства человека в жизнь биосферы показывают, что законы этой жизни мы знаем еще явно недостаточно. Но биосфера постепенно «насыщается» техникой, и человечество приступает к проектированию и созданию своего сбалансированного отношения с природой. Очевидно, что закономерности развития таких отношений не сводятся к законам развития природы. Познание законов взаимосвязи природы и общества, особенностей сочетания биосферы и производства с теми новыми условиями, в которые ставит биосферу человек,— одна из фундаментальных задач естественных и общественных наук.

Если же говорить о задачах, стоящих перед советской наукой и техникой, то «перед нами... задача исторической важности: органически соединить достижения научно-технической революции с преимуществами социалистической системы хозяйства» *.

Только слившись с биосферой в органическом единстве, одухотворив ее своим разумом и техникой, этой «овеществленной силой знания», человечество в глобальных масштабах превратит биосферу в ноосферу. Но это, конечно, будет итогом не только научно-технической, но и социальной революции.

ПРОТИВОРЕЧИЯ ВЕКА

Было бы глубоко ошибочным представлять себе процесс превращения биосферы в ноосферу как некую мирную и спокойную эволюцию. На самом деле ноосфера рождается в «грозе и буре» — в грозе социальных преобразований, несущих гибель капитализму, и в буре научно-технической революции, рождающей невиданную, непривычную науку и технику будущего. Хотя рождение ноосферы, по глубокому убеждению В. И. Вернадского, процесс исторически зако-

---

* «Материалы XXIV съезда КПСС». М., 1971, стр. 57.

номерный и геологически неизбежный, он, этот процесс, полон противоречивых тенденций, отражающихся прежде всего на главном действующем лице — человеке.

Главным противоречием в мире остаются классовые противоречия. В наши дни они проявляются в противоречиях двух противоположных систем — социалистической и капиталистической, между трудом и капиталом в капиталистическом мире, а также и в противоречиях между отсталыми в недавнем прошлом колониальными народами и империализмом.

Наш век характеризуется также научно-технической революцией, начавшейся в середине века в науке и очень быстро, взрывообразно охватившей все стороны человеческой жизни. Научно-техническая революция взломала привычные представления, привычный уклад жизни людей, и прежде всего это выражается во все ускоряющемся темпе жизни.

«Наш бог — бег» — так удачно сформулировал характерную особенность жизни современного цивилизованного человека один из наших современников. Мы постоянно спешим, нам вечно не хватает времени, и эта постоянная спешка порождает напряженность нашей нервной системы, что способствует развитию различных нервных и сердечно-сосудистых заболеваний. Человек, живущий и работающий в крупном индустриальном городе, испытывает на себе в полной мере загрязнение среды, в том числе и такую форму «загрязнения», как шум — одно из несовершенств современной техники.

В обстоятельной монографии Г. И. Косицкого «Цивилизация и сердце» (М., 1971) читатель найдет подробный анализ противоречий, возникших между техникой и ее создателем — человеком.

В процессе дальнейшего совершенствования техники, несомненно, удастся устранить не только ее шумовые эффекты (эта частность уже сегодня во многих случаях легко преодолима), но и вообще все вредные воздействия техники на человека. С другой стороны, автоматизация производства постепенно разгрузит человека настолько, что у него окажется достаточно времени для совершенствования своей физической (а не только духовной) культуры. Тем самым хотя бы отчасти отпадут и причины, порождающие сердечно-сосудистые и нервные заболевания; очищение среды и прогресс медицины принесут победу над раковыми заболеваниями — бичом современного человечества.

Все, что ныне принято называть «злом цивилизации», вызвано не только несовершенством современной техники и наших знаний о взаимоотношении этой техники с живой природой, в частности с человеком, как это пытаются представить некоторые буржуазные идеологи, но в огромной степени причинами социально-психологическими, порожденными бесчеловечием капиталистической системы. Не случайно в странах социалистической системы социально-психологические последствия научно-технической революции («травма цивилизации», как одно время было принято их называть) сказываются значительно слабее, чем в странах капиталистических. Короче говоря, коммунистический идеал гармоничного человека, сочетающего в себе духовное и физическое совершенство, может быть достигнут не возвратом в прошлое, не отказом от цивилизации, как призывают на Западе некоторые обыватели от идеологии, а, наоборот, в процессе дальнейшего совершенствования науки и техники. Противоречие между человеком и техникой отнюдь не антагонистично. Оно временно и связано лишь с тем переломным в социальном и научно-техническом отношении периодом в истории человечества, который мы переживаем.

За рубежом широко распространены мрачные пророчества о грядущем катастрофическом перенаселении Земли, о переживаемом ныне «демографическом взрыве», последствия которого якобы грозят человечеству неисчислимыми бедствиями.

Слово «демография» в буквальном переводе с греческого языка означает «народоописание». Так именуется наука, которая на основании анализа социальных, экономических, географических и биологических факторов изучает структуру, размещение и динамику населения как отдельных стран, так и всего земного шара в целом. В нашу задачу не входит разбор методов демографии. Нас будут интересовать лишь конечные результаты, полученные этой наукой, то есть прежде всего факты, касающиеся населения Земли и его роста.

С той поры, как человек выделился из животного мира в качестве отдельного биологического вида, очень долгое время общее население всей Земли вряд ли превышало несколько миллионов человек. Положение оставалось почти стабильным миллион или даже более лет, так как рождаемость и смертность среди населения нашей планеты численно почти компенсировали друг друга.

Примерно 9—10 тыс. лет назад возникли сельское хозяйство и скотоводство. Они изменили условия жизни человека, улучшился его быт, и постепенно население Земли стало увеличиваться. В начале нашей эры на всей Земле обитало примерно 300 млн. человек. Численность человечества удвоилась только к началу XVII столетия. А затем темпы прироста населения стали быстро нарастать. Уже к 1830 году на Земле обитал 1 млрд. человек. Спустя 70 лет, к 1900 году, население нашей планеты увеличилось в 1,7 раза, а в 1960 году оно уже превысило 3 млрд. человек. К 1975 году количество землян должно достичь 4 млрд.

Характерно, что быстро растет не только население Земли, но и сам темп прироста населения. Если в Древнем Египте население удваивалось за тысячи лет (то есть практически оставалось стабильным), то в новейшее время (с 1800 по 1930 год) население Земли удвоилось за 130 лет. Сегодня же «период удвоения», как считают, сократился до 35 лет. Иначе говоря, на наших глазах происходит резкое, взрывообразное увеличение населения Земли.

Этот бурный, стихийный в своей основе процесс и получил образное наименование «демографического взрыва», и реальность его признается всеми демографами. Другое дело — прогнозы причин этого «взрыва» и последствий, к которым может привести «демографический взрыв», его социально-политическая оценка. Здесь позиции советских и некоторых зарубежных демографов расходятся весьма сильно.

В математике рассматривается так называемый закон естественного роста, когда скорость прироста какой-нибудь величины пропорциональна значению этой величины в данный момент времени. Решив несложное дифференциальное уравнение, можно получить график естественного роста изучаемой величины. Он представляет собою кривую, называемую экспонентой. Так как демографический взрыв подчиняется закону естественного роста, можно с помощью этого закона подсчитать, каково будет население Земли в близком и отдаленном будущем. Эти подсчеты приводят к парадоксальным результатам.

Допустим, что впредь население Земли будет удваиваться каждые 50 лет (на самом деле уже сегодня срок удвоения значительно меньше). Тогда очевидно, что через 500 лет численность человечества возрастет в 2^{10}, то есть более чем в тысячу раз, а через тысячу лет — более чем в миллион раз. Это означает, что спустя десять веков на Земле станет так

тесно, что на каждом квадратном метре суши должно будет разместиться 23 человека! Если же учесть неуклонное уменьшение «периода удвоения», то теоретически получается, что всего через полторы тысячи лет общая масса человеческих тел может превысить массу земного шара!

Совершенно очевидно, что этот формально сделанный подсчет вовсе не означает, что на самом деле когда-нибудь на Земле реально возникнет подобная ситуация *.

Но не приведет ли все-таки «демографический взрыв» когда-нибудь к перенаселению Земли, о чем еще в 1799 году писал священник англиканской церкви Т. Мальтус?

Печально знаменитый закон Мальтуса гласит: если нет сдерживающих факторов, то народонаселение увеличивается в геометрической прогрессии, тогда как средства существования возрастают лишь в арифметической прогрессии. Отсюда Мальтус и его последователи делают вывод о неизбежном катастрофическом обнищании человечества, которое рано или поздно будет задушено костлявой рукой голода. Некоторые же из мальтузианцев видели выход в опустошительных войнах, снижающих темпы прироста человечества. Правда, последний человеконенавистнический тезис в наши дни выдвигается все реже и реже: ведь в настоящее время ежегодный прирост населения земного шара значительно превосходит общие потери во второй мировой войне, самой кровопролитной из всех войн. Главное же утверждение современных неомальтузианцев о том, что демографический взрыв служит основным источником общественных бедствий, защищается ими и сегодня не менее убежденно, чем в прошлом.

Прежде всего отметим, что соотношение между темпами роста населения и производством средств существования не есть нечто неизменное, раз навсегда данное. Оно зависит от уровня развития производства, от общественно-политического строя в данной стране. От социально-экономических условий в первую очередь зависят динамика роста населения и производство средств потребления.

---

* Подобные расчеты еще проще опровергаются анализом причин роста населения, чем абстрактными рассуждениями об абсурдности цифр. Западные прогнозисты не учитывали, что основная масса прироста населения относится не за счет прогрессирующего увеличения рождаемости, а за счет резкого падения детской смертности и увеличения среднестатистической продолжительности жизни. Если это учесть, то естественный прирост населения не соответствует экспоненте. Наоборот, в развитых странах рождаемость падает в таких пределах, что демографы высказывают беспокойство по поводу воспроизводства населения.— *Прим. ред.*

«Для мальтузианцев виновник голода и нищеты — чрезмерный рост населения, для марксистов — отживший социальный строй, недостаточное развитие производства. Первые считают панацеей от всех социальных бедствий сокращение рождаемости, вторые видят главное средство решения острейших социальных проблем современности в преобразовании капиталистического строя в социалистический» *.

Эти общие положения нетрудно проиллюстрировать конкретными фактами. Сегодня для развитых капиталистических стран характерны невысокая рождаемость, довольно низкая смертность, небольшой или средний годовой прирост населения (порядка 1—2 %). При значительной средней продолжительности жизни (от 65 до 73 лет) смена поколений в этих странах происходит медленно.

Иная картина наблюдается в большинстве развивающихся стран Азии, Африки и Латинской Америки. При высокой рождаемости и значительной смертности годовой прирост составляет 3—4 %. Средняя продолжительность жизни вдвое меньше, чем в развитых странах, и потому поколения быстро сменяют друг друга. Именно в этих частях земного шара наиболее полно выражается враждебная человечеству роль капитализма, следствием чего являются: экономическая отсталость, колониальная структура хозяйства, эксплуатация отсталых стран более развитыми империалистическими государствами. В итоге почти треть современного человечества голодает. Но повинен в этом не демографический взрыв, а социально-экономическая и политическая обстановка, сложившаяся в большинстве развивающихся стран.

Наоборот, в странах социалистических, в условиях быстрого технического прогресса, рост производства средств существования значительно обгоняет темпы роста населения. В такой ситуации все увеличивающийся прирост населения вовсе не грозит обнищанием, так как производство средств существования на душу населения также непрерывно возрастает. Задача, следовательно, состоит в том, чтобы и для всего человечества темпы роста производства всегда превышали темпы роста населения. Тогда так называемый демографический взрыв не будет угрожать человечеству.

К концу текущего века, то есть к 2000 году, население Земли, как полагают, увеличится до 6—7 млрд. человек. Однако даже при современном уровне сельского хозяйства

* «Основы марксистско-ленинской философии». М., 1973, стр. 249.

Земля свободно может прокормить 10 млрд. человек. По оценке же некоторых исследователей, при усовершенствовании сельскохозяйственной техники и максимальном использовании природных ресурсов это число надо увеличить по меньшей мере в шесть раз.

И все-таки, как считают многие исследователи, демографический взрыв, ныне никем не управляемый, рано или поздно поставит перед человечеством задачу регуляции роста населения. Это, как полагают, совершенно неизбежно. Не исключено, правда, что прирост человечества замедлится вследствие его саморегуляции, согласно законам воспроизводства вида.

Статистики подсчитали, что за последние 5559 лет народы Земли перенесли 14 513 войн. Они поглотили 3 млрд. 640 млн. человеческих жизней — примерно столько же людей, сколько сегодня живет на нашей планете. За последние 3500 лет в общей сложности лишь 300 лет прошли без войн. В остальные же годы в кровопролитных сражениях погибали тысячи людей.

В первой мировой войне убито 10 млн. человек, вдвое больше людей было искалечено, а миллионы погибли от голода и эпидемий. Жертв первой мировой войны оказалось столько же, сколько погибло людей во время всех европейских войн на протяжении последней тысячи лет. Во второй мировой войне потеряно 50 млн. человек, из которых 20 млн. приходится на долю Советского Союза. Десятки миллионов людей были ранены и изувечены. Только на территории нашей страны гитлеровцы уничтожили 1710 городов и поселков, более 70 тыс. сел и деревень.

В отличие от пацифистов, безусловно отрицающих любые войны, коммунисты, осуждая войны как историческое явление, порожденное эксплуататорским строем, различают войны справедливые и несправедливые. Агрессивные, захватнические войны, ведущиеся эксплуататорскими классами с целью захвата чужих территорий и подавления революционных движений, осуждаются марксизмом-ленинизмом, как несправедливые. И наоборот, как писал В. И. Ленин, «социалисты всегда становятся на сторону угнетенных и, следовательно, они не могут быть противниками войн, целью которых является демократическая или социалистическая борьба против угнетения» *.

---

* *В. И. Ленин.* Полн. собр. соч., т. 30, стр. 262.

За рубежом распространено представление, что источник международной напряженности и угрозы термоядерной войны — разрыв между высоким научно-техническим уровнем современного человечества и его моральной, а также социальной незрелостью. На самом же деле главным виновником опасного балансирования «на грани войны» был современный империализм, поставивший науку и технику на службу своей агрессивной политике. Этот тезис подтверждается всей историей развития ядерных вооружений с 1945 года. Им, и только им, можно объяснить то сложное международное положение, которое в случае развязывания империалистами термоядерной войны грозило бы человечеству неисчислимыми бедствиями.

6 августа 1945 года на Хиросиму, город с населением около 450 тыс. человек, американские летчики сбросили первую атомную бомбу. Три дня спустя подобная же бомба была сброшена на Нагасаки. По сегодняшним возможностям ядерного оружия эти первые атомные бомбы были «небольшие», эквивалентные каждая 20 тыс. т тринитротолуола. Но они сразу же убили 170 тыс. человек и примерно столько же людей искалечили. Тысячи людей получили при взрыве опасную дозу облучения, и общее число жертв первой атомной бомбардировки по всей Японии превысило 200 тыс. человек *.

Это массовое уничтожение японцев не диктовалось военной необходимостью. После разгрома советскими войсками Квантунской армии Япония и без атомной бомбардировки стояла на грани капитуляции. Но Трумэну, приказавшему сбросить атомные бомбы на Японию, хотелось «продемонстрировать силу». Так было положено начало пресловутой «политике устрашения», направленной в основном против Советского Союза.

Попытки запугать Советский Союз и диктовать ему свои условия «с позиции силы» окончились, как известно, полным крахом. Последовательно и неуклонно проводя борьбу за запрещение ядерного оружия и всеобщее разоружение, наша страна была вынуждена в реально сложившейся международной обстановке принять меры, способные обуздать любого агрессора. Ядерная монополия США навсегда отошла в прошлое.

Затраты на вооружение тяжким бременем ложатся на плечи народов, тогда как эти огромные средства могли бы

---

* Подробнее см. *Х. Мацуда, К. Хаяси.* Ядерное оружие и человек. М., 1959.

быть использованы на благо человечества, в первую очередь на решение экологической проблемы. Прекращение войн и В. И. Вернадский считал первым проявлением глобального перехода к ноосфере. В решении этой важнейшей задачи, стоящей перед современным человечеством, по мнению В. И. Вернадского, решающую роль сыграют народные массы и научное знание. Победа над фашизмом во второй мировой войне расценивалась им как перелом в истории человечества, как начало новой эры, когда войны неизбежно должны будут исчезнуть с нашей планеты. То, что этого не случилось,— вина исключительно империалистических государств.

Генеральная линия внешней политики Советского Союза неизменна. Это борьба за прочный мир, всеобщее разоружение, запрещение не только ядерного оружия, но и всех других средств массового уничтожения людей. И на этом пути уже одержаны немалые победы. Это соглашение о запрещении ядерных испытаний в трех средах — воздухе, воде, на суше. Это договор, запрещающий использовать космическое пространство в военных целях, договор о мирном использовании дна океанов и морей и т. д. Все эти договоры и соглашения были выдвинуты и приняты по инициативе Советского Союза и других социалистических стран, при поддержке развивающихся стран и всего прогрессивного человечества. И они направлены не только на уменьшение опасности возникновения термоядерной войны, но также и на защиту окружающей среды.

До того как были приняты эти соглашения, в атмосфере Земли и на ее поверхности и под водой было взорвано несколько сот атомных и термоядерных бомб. Выяснилось, что где бы в атмосфере ни был произведен атомный или термоядерный взрыв, его радиоактивные продукты распада равномерно распределяются во всей земной атмосфере в течение года. Вместе с осадками они выпадали в почвы, из почв поглощались растениями, а затем животными и людьми. Если бы продолжались ядерные испытания, это всеобщее радиоактивное заражение могло достичь таких масштабов, при которых человечеству грозило бы генетическое вырождение.

В зарубежной литературе много раз обсуждались (и обсуждаются) последствия термоядерной войны, если бы все-таки она когда-нибудь возникла. В очень содержательной и эмоционально написанной книге выдающегося борца за мир американского физика Л. Полинга «Не бывать войне» (1960) подробно описывается воображаемый ход термоядер-

ной войны между США и Советским Союзом. По теоретическим подсчетам американских специалистов, уже в первый день войны обмен ядерными ударами уничтожил бы десятки миллионов людей, а общее число жертв такой войны было бы близко к 1 млрд. человек.

Конечно, все эти оценки достаточно произвольны, к тому же сегодня они, разумеется, устарели и их можно считать, вероятно, заниженными: совершенствование средств уничтожения с 1960 года не прекратилось. К тому же в приведенных оценках не учитываются жертвы радиоактивного заражения, а их число должно быть очень значительным. Более того, по мнению Л. Полинга, существует реальная возможность того, что ядерная война настолько изменит общую массу человеческой зародышевой плазмы, что человек как известный нам вид не сохранится.

Как ни сокрушительны взрывы водородных бомб, в арсенале средств массового уничтожения людей есть оружие и пострашнее. Это бактериологическое и химическое оружие. Оно сравнительно дешево, а эффект его действия куда больше, чем у самой мощной из испытанных водородных бомб. Так, например, по данным зарубежной печати, 250 кг смертоносных микробов могут заразить площадь в 6 тыс. кв. км. Ядерная бомба мощностью 20 мегатонн произвела бы эффект примерно в 15 раз меньший. Словом, человечество располагает сегодня богатым арсеналом средств для самоуничтожения. Поэтому не меньшее значение, чем соглашения о запрещении испытаний ядерного оружия в трех средах, имеет и конвенция о запрещении бактериологического и токсического оружия. За принятие такой конвенции всеми странами борются Советский Союз, другие социалистические страны и все прогрессивное человечество.

НАУЧНАЯ МЫСЛЬ КАК ПЛАНЕТНОЕ ЯВЛЕНИЕ

Название этой главы совпадает с наименованием одной из неопубликованных (но ныне подготовляемой к изданию) рукописей В. И. Вернадского. Написана она была в 1938 году, и в ней автор дал краткий очерк развития производственной деятельности человека. Главная же идея этой работы В. И. Вернадского заключается в том, что наука, на заре истории человечества почти не игравшая никакой существенной роли, в настоящую эпоху превратилась в великую

производительную силу, в ту силу человеческого разума, которой в первую очередь определяется формирование на нашей планете ноосферы.

Учение о роли науки в развитии производительных сил общества, как известно, впервые было разработано Карлом Марксом и Фридрихом Энгельсом.

«Путем глубокого научного исследования экономических явлений,— писал В. И. Вернадский,— Маркс и Энгельс — главным образом К. Маркс — выявляли глубочайшее социальное значение научной мысли, которое философски интуитивно выявлялось из предшествующих исканий утопического социализма... Маркс ясно видел, что мысль человека создает производительную силу. Еще больше и глубже это проявится в ноосфере» *.

Наука — это система знаний о мире. Объектом научного познания может быть всё реально существующее, то есть все процессы, происходящие в природе и в общественной жизни. Познание законов, управляющих этими процессами, и применение этих законов в практической деятельности человека — основная задача науки.

Уже в древнем мире наука удовлетворяла некоторым практическим нуждам человечества (например, предсказанию по звездам времени разлива Нила) и, собственно, эти нужды вызвали зарождение астрономии, математики и других наук. В докапиталистических формациях наука развивалась медленно, что было вызвано застойностью производства.

Эпоха Возрождения ознаменовала начало бурного развития естествознания, общественно-политических наук и философии.

В наши дни наука превратилась поистине в силу планетарного масштаба. Вся практическая деятельность человечества, заметно меняющая окружающую среду, основана на науке, научном знании. Научная мысль лежит и в основе научных теорий общественного развития — учения о капитализме, социализме и коммунизме. Наука изменяет не только среду обитания человека, но и его социальное бытие.

Всего сто лет назад во всем мире насчитывалось несколько десятков тысяч ученых, сейчас их миллионы. Современное производство, современная техника немыслимы без нау-

---

* Цит. по: *И. И. Мочалов.* В. И. Вернадский — человек и мыслитель, стр. 154.

ки, и в основе научно-технической революции лежит научная мысль, научное знание.

Было бы большой ошибкой недооценивать высокий уровень развития науки в такой, например, капиталистической стране, как США. Но в условиях капитализма двигателем научного прогресса по-прежнему остаются прибыль, конкурентная борьба и все то, что связано с частной собственностью на средства производства. Ясно, что при капитализме наука далеко не всегда служит великой цели — созданию ноосферы.

Лишь в условиях социализма и тем более коммунизма научная мысль в полной мере служит интересам человеческого общества, становится созидающей ноосферу производительной силой. Совершенно закономерно поэтому в Директивах XXIV съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1971—1975 годы подчеркивается необходимость «решительно повысить эффективность работы научных учреждений, обеспечить концентрацию научных сил, материальных и финансовых ресурсов в первую очередь на ведущих направлениях науки и решении важнейших научно-технических проблем» *. Разумеется, этот прогресс науки и техники идет параллельно с совершенствованием самого человека, созданием гармонического человека будущего.

Научно-техническая революция ознаменовалась прежде всего революцией в научной информации. Именно научная мысль, научная информация, то есть знания об окружающем нас мире, в наши дни стали «основным капиталом» человеческого общества. Казалось бы, чем больше знает человек, тем лучше. На самом деле вопрос о ценности научного знания не решается так прямолинейно, и в развитии современной науки наблюдаются серьезные, хотя и преодолимые, противоречия.

Накопление научных знаний в наши дни подчиняется закону естественного роста, то есть графически может быть изображено экспонентой. С этой кривой мы уже встречались, когда говорили о «демографическом взрыве». Посмотрим, как выглядит «естественный рост» научной информации в наши дни и к каким последствиям этот рост приводит **.

В период переживаемой нами научно-технической революции необычайно усилилось движение от науки к производству. Но в этом процессе действует и обратная связь. Тех-

* «Материалы XXIV съезда КПСС», стр. 245.

** Подробнее см. *Г. Н. Волков.* Социология науки. М., 1968.

ника, эта «овеществленная сила знания», развиваясь, увеличивает поток научной информации об окружающем нас мире и о нас самих. Казалось бы, повторяем, в этом нет ничего плохого: чем больше знает человек и чем эффективнее он внедряет научные знания в практику, тем лучше. Ведь такое развитие со временем должно привести к тому, что наука займет ведущее место во всей системе общественного сознания и будет оказывать решающее влияние на общественное бытие. Но на пути к такому будущему перед человечеством возникло серьезное препятствие, именуемое информационным взрывом. Речь идет о лавине информации, обрушивающейся на нас,— лавине, угрожающей человечеству большими неприятностями, если мы не сумеем овладеть ею и направить в должное русло.

За последние 25 лет во всем мире было издано 300 млн. книг, то есть столько же, сколько их было опубликовано на протяжении последних пяти столетий. Мировой ежегодный информационный поток выражается сегодня в 7 млрд. страниц печатного текста. Ежедневно в мире появляется не менее тысячи названий новых книг.

Вместе с общим лавинообразным ростом печатной продукции растет и поток научной литературы. В начале прошлого века во всем мире издавалось 100 научных журналов, в 1850 году — около 1 тыс., в начале нашего века — около 10 тыс., в 1950 году — около 100 тыс. Если темпы прироста не снизятся (а скорее всего они увеличатся), то к 2000 году в мире будут издаваться около 1 млн. названий научных журналов.

Характерно положение и с публикацией научных работ. Еще к 60-м годам текущего столетия во всем мире насчитывалось примерно 100 млн. названий печатных научных работ, в том числе 30 млн. книг и 13 млн. патентов и авторских свидетельств. Сегодня ежегодно публикуется 4 млн. научных статей, то есть в среднем 100 печатных листов в день на одного специалиста. К 2000 году все эти показатели возрастут не менее чем в 30 раз.

Население Земли в переживаемую нами эпоху удваивается каждые 30—35 лет. Общий же информационный поток удваивается каждые 10 лет, а в области физико-математических наук — каждые 2—2,5 года. За этим стремительным ростом пытается угнаться (но пока что безуспешно) и непрерывно растущая армия ученых *.

* В данном случае демонстрируется чисто статистический подход к решению проблемы, к сожалению широко ныне распространенный. Безусловно,

Сейчас на Земле насчитывается 5—6 млн. ученых и инженеров-исследователей. Любопытно, что число выдающихся физиков удваивается каждые 20 лет, тогда как число инженеров-исследователей — каждые 70 лет. В целом ежегодный прирост научных кадров отстает от прироста научной информации, и похоже на то, что в ближайшие десятилетия (если не годы) этот разрыв увеличится.

И еще два парадокса. Удвоение научной информации за несколько лет означает, что за ближайшие годы человечество узнает о мире и о себе столько же, сколько оно узнало за все предшествующие века становления науки. Иначе говоря, «плотность» научных открытий возросла необычайно и никаких признаков «исчерпания» природы, разумеется, незаметно, так как природа бесконечно сложна во всех своих проявлениях. Кстати сказать, за каждый «период удвоения» научных знаний должны быть открыты не только множество, так сказать, второстепенных научных истин, но и принципиально новые явления природы и новые ее законы! Поражает наше воображение и тот факт, что 90% из всех когда-либо живших ученых являются нашими современниками. И этот весьма высокий процент со временем должен возрасти.

В чем же опасность сложившейся ситуации? Чем грозит человечеству «информационный взрыв»?

Давно уже известно, что в современной науке подчас проще самому выполнить какое-нибудь новое научное исследование, чем выяснить, не сделал ли уже кто-нибудь другой подобную работу. Океан научной информации, заключенной в книгах и журналах, стал настолько необъятным, что, например, в фондах Государственной библиотеки имени В. И. Ленина хранятся миллионы названий книг, никогда не затребованных ни одним читателем. Самоочевидность известного афоризма Козьмы Пруткова «нельзя объять необъятное» приводит к быстро увеличивающейся специализации научных работников.

Эта узость специализации чревата опасностью прежде всего для научного работника: он перестает ориентироваться хотя бы даже в смежных областях науки, без чего полноценное научное творчество вряд ли возможно. Однако и слишком большая широта интересов и занятий ученого грозит пре-

---

поток информации резко возрос и растет, хотя и не столь равномерно. Но суть проблемы не в росте информации, как таковой, а в том, насколько поток этой информации полезен и как найти в этом потоке нужную информацию.— *Прим. ред.*

вратить его в дилетанта, который в предельном случае будет знать «ничего обо всем».

Получается ситуация «короткого одеяла», при которой в любом положении ощущаешь неудобство. Оптимальное решение, очевидно, заключается в разумном сочетании глубоких познаний в специальной области с достаточно широкой общей эрудицией. Но с ростом потока научной информации достижение такого идеала становится все более и более трудным.

Путь от научного открытия к внедрению этого открытия в производство уже сегодня нелегок. Несовершенна еще пока научная организация труда, громоздка и неповоротлива вся система науки. Отсюда задержка в реализации научных достижений, дублирование научных работ и многое другое, о чем написано немало хороших книг *.

Информационная лавина обрушивается на нас повсюду. Но далеко не всегда мы находим в ней действительно нужные для нас знания. Как известно было еще древним, «многознание уму не научает». Мы же подчас совсем не заботимся о качественном отборе воспринимаемой нами информации.

Цивилизация, захлебнувшаяся в потоке добываемой ею информации, представляет собою жалкое зрелище. Это даже не маховик, крутящийся вхолостую, а затормаживающееся колесо. Знания из силы превращаются в обузу, грозящую регрессом, катастрофой. Что может быть трагичнее такой ситуации?

При существующих соотношениях между приростом информации и приростом технического могущества, когда первое обгоняет второе, «информационный тупик» оказывается неизбежным. Как же можно все-таки его преодолеть, как спастись от «информационного взрыва»?

«Информационный взрыв» в ближайшее время будет главным образом преодолен развитием и совершенствованием электронно-вычислительных машин (ЭВМ), этих усилителей человеческого интеллекта.

Прирост производства ЭВМ исключительно высок (40 % в год), и они очень быстро совершенствуются от поколения к поколению. Параллельно бурно развиваются и средства связи, что, конечно, улучшает обмен информацией, необходимый для прогресса науки и техники.

---

* См., например, *В. А. Веников, И. Б. Новик*. Прометей в XX веке. М., 1970.

Ныне процесс собственно научного творчества ученого занимает 5—10 % общего рабочего времени, остальное уходит на поиски нужного материала в океане научной литературы, на переводы иностранных источников, составление библиографии, печатание на машинке, редактирование и множество других операций, которые должны и могут в будущем взять на себя ЭВМ.

Технизация умственного труда освободит ученого от запоминания множества фактов, их сбора, систематизации (все это сделают ЭВМ), предоставив ему решать главную задачу — знать о сущности всего, чтобы познать новую сущность. Он должен уметь применять универсальные знания к специальной проблеме, то есть сочетать глубокие знания в своей специальности с широким общим научным кругозором.

В будущем к электронно-вычислительным машинам постепенно перейдут очень многие функции человека, в первую очередь получение, отбор, хранение и обработка информации. Это означает, что «информационная емкость» науки не только неизмеримо возрастет в сравнении с современной емкостью, но и в дальнейшем ЭВМ обеспечат ситуацию, исключающую катастрофический переизбыток информации. К этому следует добавить, что автоматизация производства означает в настоящее время и в будущем прежде всего насыщение производства различными ЭВМ, выполняющими функции регуляции и управления.

Таким образом, «информационный взрыв» — явление временное и уже на наших глазах успешно преодолеваемое. Научная мысль, как считал В. И. Вернадский, поистине всесильна: она сумеет устранить все преграды на пути к ноосфере.

НООСФЕРА РАСШИРЯЕТСЯ В КОСМОС

Как уже говорилось, ноосфера унаследовала от биосферы общее свойство всего живого — стремление к неограниченной экспансии, к безграничному пространственному расширению, к вовлечению в круговорот жизни все большей и большей массы неорганического вещества. Разница лишь в том, что в ноосфере все эти процессы несравненно мощнее, стремительнее, чем в биосфере. А отсюда следует, что рано или поздно земные рамки станут тесными для ноосферы и она

неизбежно выйдет за их пределы. Начало этого расширения ноосферы в космос мы сейчас и наблюдаем.

Так как процесс расширения ноосферы в космос теоретически ничем не ограничен, ноосфера уже сегодня перестала быть только земной оболочкой. Через ноосферу, посредством ее наша планета «расширяется» в космос. Нет, это не образное выражение, а точная формулировка происходящего. Разве мы, наш разум не порождение Земли, не ее часть, уже выходящая за пределы своей колыбели? Расширение Земли в космос через ноосферу может быть в принципе безграничным. Земля начала воздействовать на другие космические тела через своих разумных детей и созданную ими технику.

Расширение ноосферы в космос означает выход человечества на арену космической трудовой деятельности, без которой немыслимо и существование человечества в космосе. Ведь процесс труда следует рассматривать как всеобщее условие обмена веществ между человеком и природой — это есть естественное условие человеческой жизни, свойственное всем ее общественным формам независимо от среды обитания.

Таким образом начало космической эры подготовлено всей предшествующей эволюцией мира Земли (включая сюда и человеческое общество). Это естественное и неизбежное продолжение эволюционного ряда, начало которого теряется в глубине геологических эпох. Выход человечества в космос — необходимое звено всей восходящей ветви развития материи в нашей области Вселенной.

Еще в 1961 году, после первого полета человека в космос, Н. А. Варваров и Е. Т. Фаддеев подчеркивали, что «внеземное существование людей будет не мелкомасштабным эпизодом и не побочной линией в общественном прогрессе, но закономерным, необходимым и неизбежным в конечном итоге делом, одной из самых основных характеристик высокоразвитого коммунистического строя в его взаимоотношениях с природой. Таким образом, появление человека в космосе в качестве исследователя есть лишь начало сложного процесса, который обязательно выльется в постепенное развитие космического производства... Подобно тому как сейчас выход людей в космос диктуется не внешними обстоятельствами, а имманентной необходимостью, внутренними потребностями и законами научно-технического прогресса, точно так же и грядущее массовое космическое распространение общества будет вызвано не угрозой существованию человека

извне (хотя и это может быть), а в первую очередь требованиями развития производства» *.

Неразумные призывы ограничиться пока, а то и навсегда земными рамками производства противоречат внутреннему требованию развития общества. Они по существу выражают обреченные на неудачу попытки остановить прогресс, прекратить эволюцию. Но это не только непосильная, но и никчемная для человека задача, так как именно человек стоит во главе земного эволюционного ряда. Значит, космическое расширение человечества — «вселенская» необходимость, определяемая направлением развития общества.

В книге А. Д. Урсула ** показано, как в ходе прогрессивной эволюции материи, в системах все большей и большей сложности постепенно накапливается информация. Этот процесс совершается и в неживой природе, но в биосфере и тем более в ноосфере накопление информации происходит особенно интенсивно. Собственно, этот процесс накопления информации в открытых системах есть тот информационный критерий, с помощью которого распознается «прогрессивность» материальной системы.

Есть, однако, существенное информационное отличие биосферы от ноосферы. Прогрессивная линия развития живого вещества выражалась главным образом в приспособлении к окружающим условиям, а не в преобразовании окружающей среды. Разумеется, и преобразовательная функция присуща живому веществу, но она всегда носит локальный, ограниченный характер. Эта ограниченность земной биосферы выражается, в частности, в том, что она сама по себе неспособна выйти за пределы своей планеты. В некоторых условиях, как показывает А. Д. Урсул, прогрессивное развитие биосферы может зайти в тупик и прекратиться, если в недрах биосферы не зародится ноосфера.

Иная картина наблюдается на социальной стадии развития материи. Здесь с некоторого момента, когда техническое могущество общества станет достаточно ощутимым, преобразование среды начинает преобладать над приспособлением к ней и со временем быстро растет.

Так как информация не существует без ее материальных носителей, а они имеют объем, массу, обладают энергией, дальнейшее развитие цивилизации, быстрое накопление ею

* *Н. А. Варваров, Е. Т. Фаддеев.* Философские проблемы астронавтики.— «Вопросы философии», 1961, № 8.

** См. *А. Д. Урсул.* Освоение космоса. М., 1967.

информации выразится в освоении все большего и большего пространства, все больших и больших массово-энергетических ресурсов космоса.

Замечательно, что начало космической эры отмечено «космизацией» земной науки и техники. Классическая небесная механика, дав основу астродинамике (или динамике космических полетов), превратилась в прикладную науку. Родилась и бурно развивается космическая биология, распавшаяся ныне на космическую медицину и экзобиологию (или астробиологию). Всеобъемлющая физика настолько тесно переплелась с астрофизикой, что подавляющее большинство кардинальных проблем могут решаться лишь совместными усилиями физиков и астрофизиков. Даже такая сугубо земная наука, как география, тоже космизируется. Короче говоря, трудно сегодня указать какую-либо область знания, которая бы прямо или косвенно не была связана с освоением космоса.

«Дыхание космоса» заметно и в современной технике. И здесь затруднительно указать такие области, которые не используются или не могут быть использованы непосредственно в космонавтике. С другой стороны, проводимые космические эксперименты заставляют моделировать условия космоса в земной обстановке. С 1957 года мы живем «под знаком» космоса. Нет никаких сомнений в том, что «космизация» земной жизни будет только усиливаться по мере успешного освоения космоса.

Темпы развития человеческого общества все время растут. Вспомните: рабовладельческая формация длилась 3—3,5 тыс. лет, феодальная — 1,0—1,5 тыс. лет. Капитализм существует всего несколько столетий, но не столь уж далека от нас эпоха его краха.

Первое социалистическое государство родилось менее шести десятилетий назад, но уже сегодня на земном шаре капитализму противостоит сообщество из многих социалистических стран — мировая система социализма. Ускорение исторического процесса показывает, что переход всего человечества к коммунизму не за горами.

Коммунистическое общество с кибернетической точки зрения представляет собой открытую динамическую систему с идеальной авторегуляцией. Поскольку в коммунистическом обществе не будет антагонистических противоречий и отношения с внешней средой будут полностью «отрегулированы», это общество представляется той идеальной формацией, которой (и только которой) под силу продолжить в не-

виданных масштабах генеральную линию эволюции — освоение разумными существами, человечеством, вещества и энергии Солнечной системы, а возможно, и еще более крупных космических систем.

Нас поражают успехи современной космонавтики, достигнутые менее чем за два десятилетия. Тысячи искусственных спутников Земли, этих изумительных собирателей, носителей и передатчиков информации, следят за погодой, помогают радио- и телесвязи, служат ориентирами для наземных объектов, всесторонне изучают Землю, выполняют множество разных функций, а в конечном счете быстро накапливают для человечества очень полезные знания.

Ту же главную цель — накопление научной информации — преследуют и полеты других космических аппаратов, пилотируемых или управляемых только автоматами. По Луне ходят люди, ездят луноходы, ведется предварительная разведка планет. Но пока, на первых порах все это преследует познавательные, а не преобразовательные цели.

От познания космоса, однако, неизбежен переход к его переделке. В этих двух важнейших сторонах трудовой деятельности человека — познании и преобразовании космоса — заключается характерная черта космической фазы существования человечества. Она же с точки зрения социальной станет и коммунистической фазой в развитии человеческого общества.

Попробуем теперь себе представить хотя бы в самых общих чертах будущее Земли и человечества — близкое и далекое.

БУДУЩЕЕ

В геологической истории биосферы перед человеком открывается огромное будущее, если он поймет это и не будет употреблять свой разум и свой труд на самоистребление.

В. И. Вернадский

ГОРОДА И ЛАНДШАФТЫ

Города — центры цивилизации, во всяком случае современной. Прогресс ноосферы выражается, в частности, в урбанизации, в быстром, порою кажущемся безудержным росте городов. В 1770 году на земном шаре был 41 город с населением более 100 тыс. человек. В начале прошлого века таких городов было уже 65, в 1900 году — 299, а в 1951 году — 879; к 1963 году число «больших городов» (с населением не менее 100 тыс. человек) в США возросло до 132, в СССР — до 178. В нашей стране девять городов имеют население более одного миллиона человек (Москва, Ленинград, Киев, Баку, Горький, Ташкент, Харьков, Новосибирск, Минск). А на земном шаре есть уже три города с населением более 10 млн. человек (Токио, Нью-Йорк, Лондон).

Если рост городов продолжится в теперешнем темпе, то уже к 1984 году в мире появятся города с населением в 20—40 млн. человек (например, Калькутта), а к концу века — с населением в 60—70 млн. человек. Не идет ли дело к тому, что «единый город скроет шар земной»? Современные города-исполины почти не оставляют места для живой природы. Ущелья улиц, стиснутых небоскребами, камень, стекло и сталь, великое множество автомашин, потоки которых переполняют улицы и площади,— такова примерно современная картина типичного «техногенного ландшафта» большого капиталистического города. Все это, конечно, весьма далеко от лучезарных городов будущего, о которых мечтал знаменитый французский архитектор Ле Корбюзье.

Если сегодня житель большого города в любую свободную минуту стремится вырваться за его пределы, «на природу», чтобы вдохнуть чистый воздух, то с безудержным ростом городов перспектива побывать на природе становится все менее и менее осуществимой хотя бы потому, что сама эта природа при нынешних методах строительства городов отодвигается все дальше.

Где же выход из этого, казалось бы, безнадежного положения? Как сочетать урбанизацию с дальнейшим прогрессом человеческой цивилизации?

Глобальная урбанизация связана с ростом промышленности, которая пока что концентрируется, как правило, в старых промышленных центрах, особенно в капиталистических странах. Кроме того, до сих пор рост городов шел стихийно, а в капиталистическом мире эта стихийность, неуправляемость роста продолжает сохраняться.

Планомерное же развитие городов в СССР дает разительные результаты. Например, увеличение даже такого города, как Москва, за последние годы в значительной мере сократилось, и советские города по степени загрязненности окружающей среды сильно отличаются от городов капиталистических стран *.

Следовательно, разумная регуляция роста городов устранит угрозу Мегаполиса, этой каменной искусственной корки, которая сковала бы земной шар.

Второе и не менее важное, что нужно учесть,— «природа» должна в возможно большей мере сохраняться и при росте городов. Городской ландшафт должен естественно вписываться в естественный ландшафт, и там, где это необходимо, в городах следут создавать уголки и зоны живой природы. Говоря проще, города будущего украсят красивые, чистые водоемы, парки и всяческая живность. Таково общее требование к архитекторам и создателям будущих городов в социалистическом мире, за это же ратуют и передовые архитекторы Запада.

Кстати сказать, большинство будущих городов будут созидаться не на пустом месте, а в процессе перестройки и расширения современных центров цивилизации.

Рост городов протекает по-разному. Во многих случаях города расширяются сразу во все стороны, расползаясь от старого центра. Это не лучшее решение проблемы, так как в городе, раскинувшемся на большой площади на десятки

---

* См. *М. В. Посохин*. Город для человека. М., 1973.

километров, транспортная связь отдаленных районов (при огромном населении) оказывается сложной (вспомните транспортные «пробки» в больших городах).

Можно вытянуть город вдоль какой-нибудь главной коммуникационной артерии, как, например, вытянут Волгоград вдоль Волги. Однако и в этом случае связь между концами города, вытянувшегося на 100—200 км, окажется затруднительной. Значит, остается вертикаль как возможное направление, позволяющее на сравнительно небольшой площади разместить большое население. Небоскребы, как известно, и родились как несовершенное, «вертикальное» решение основной проблемы градостроительства.

Не следует, однако, думать, что строительство «вертикальных» городов в принципе решает все проблемы градостроительства. Прежде всего высота дома не может быть чрезмерно большой хотя бы из-за ограниченной прочности строительных материалов или проблемы естественного освещения: ведь и городскому жителю нужен солнечный свет.

Есть и другие трудности, например психологические (боязнь высоты), метеорологические (жить за облаками и редко видеть землю). Считают, что самые большие небоскребы не должны простираться в высоту больше чем на километр, хотя американские архитекторы спроектировали уже треугольную башню-небоскреб в 528 этажей, высотой 1,6 км. Есть и проекты небоскреба в 850 этажей с населением в 500 тыс. человек.

Мишель Рагон, известный французский архитектурный критик, в интервью, опубликованном «Литературной газетой» (№ 36, 1971), заявил:

«Я — за вертикальный город, хотя и не думаю, что его этажи бесконечно могут подниматься вверх. Так мы рискуем потерять связь между верхними жителями и нижними. Мне кажется, самое главное другое — сохранение связей между архитектурой и природой. Вот куда должна быть направлена мысль архитектора... Да, вернуть городу полностью природу невозможно. Но зато можно воссоздать ее маленький кадр, кусочек, ячейку. И «один кадр» природы будет довольно обширным зеленым оазисом. Будущие города вберут в себя последнее слово науки, техники, архитектурной мысли. Все там будет рационально: геометрически правильные линии, параллели, пересечения, транспортные развязки в разных уровнях, высокий комфорт. Но архитекторы окажут плохую услугу жителям этих городов, если не сумеют вдохнуть в свое произведение жизнь. Любая техни-

ческая цивилизация может оказаться мертвой, неуютной. Чтобы избежать этого, для новых городов, видимо, придется найти какие-то конфликты, архитектурные, градостроительные контрасты, противоречия. Что именно? Пока трудно сказать. Ведь мы еще не нашли формулу города будущего».

Решение советского народа превратить Москву в образцовый коммунистический город уже нашло себе реальное воплощение в Генеральном плане реконструкции нашей столицы. В этом действительно замечательном документе виден облик города близкого будущего. Вот главные черты будущей Москвы.

В ближайшие 10—15 лет, то есть до 1990 года, Москва будет расти, не расширяясь территориально, не увеличивая, а в ряде районов даже снижая число работающих. Иначе говоря, к 1990 году на территории Москвы в пределах кольцевой автострады будут проживать 7,5 млн. человек. Стабилизация территории и населения — вот смелое градостроительное решение, противостоящее стихийному росту капиталистических столиц.

В Москве и лесопарковом защитном поясе не будут строиться новые и расширяться действующие фабрики, заводы, институты, вузы (кроме тех предприятий, которые непосредственно удовлетворяют потребности города). Рост Москвы предполагается сделать не количественным, а, так сказать, качественным — он выразится в техническом совершенствовании предприятий, всей техники города. Особое внимание уделено очистительной технике, благодаря которой сохранится первозданная чистота воздуха и водоемов. Многим предприятиям придется покинуть Москву и перебазироваться в другие районы страны.

Зеленые оазисы сохранятся во всех уголках Москвы. Они вместе с чистыми водоемами органически впишутся в ландшафт города. Кстати сказать, и он будет живописным, многообразным. Стабилизация населения и территории позволит не строить сверхвысоких башен. Вся архитектурная композиция города будет единой, тяготеющей к историческому центру системой.

Вот пример реального плана «в духе ноосферы». Здесь, как и во многом другом, сказались преимущества социалистического планирования перед стихийностью, анархией, присущей капиталистическому градостроительству (вспомните, например, экологическую трагедию крупнейших капиталистических городов).

Ну а каковы будут города в отдаленном будущем?

Конкретные прогнозы здесь, конечно, затруднительны. Но любопытна весьма перспективная тенденция, наметившаяся в архитектуре совсем недавно. Я имею в виду новое направление в архитектуре, получившее название «архитектурная бионика». Ее суть заключается в том, что архитектура будущего, по-видимому, будет широко использовать опыт живой природы, принципы ее формообразования. Впрочем, истоки этого новейшего направления в архитектуре уводят нас в отдаленное прошлое. Так, древний человек строил жилища, напоминающие сооружения бобров или гнезда птиц.

Конструкция трехсотметровой Эйфелевой башни с поразительной точностью повторяет строение большой берцовой кости человека (хотя сам Эйфель не знал о строении последней). В микроскоп эта кость распадается на сложное сплетение отдельных костных волокон, представляя собой, с точки зрения архитектора, решетчатую конструкцию. Применение в строительстве таких очень прочных конструкций весьма перспективно.

Сегодня в архитектурной бионике заимствуются не только «строительные формы» живых организмов, но и их функциональные особенности. Архитектурные сооружения подвергаются гравитационным, различным динамическим и метеорологическим воздействиям. Но ведь то же самое можно сказать и о живых организмах. Отсюда технологические и технико-экономические связи биосферы и архитектуры.

Как далеко зайдет применение бионики в архитектуре? Не покроют ли когда-нибудь Землю искусственные сооружения, внешне похожие на леса и растения, но внутри «начиненные» разумом?

Почему мы считаем, что архитектура должна быть статична? Такое ее понимание несет в себе груз прошлого. «Уже сейчас мы думаем об архитектуре, в которой быстро по мере надобности изменялось бы пространство; кровли зданий поднимались бы и опускались подобно лепесткам цветов, автоматически регулируя микроклимат помещений; стены бы пропускали ультрафиолетовый спектр солнечных лучей, вентилировали проходящий через них внутрь помещения наружный воздух — «дышали» бы; конструкции приобретали бы автоматическую упругость в момент действия нагрузок... Архитектура начинает переходить от статичных форм к динамичным, движущимся. И кто, как не живая природа, может стать прообразом таких систем?.. Есть основания утверждать, что на основе изучения законов формы и

роста в природе в архитектуре могут появиться «саморастущие» — запрограммированные — конструктивные и изолирующие системы» *.

Сбудутся ли эти прогнозы?

В ПОИСКАХ ИДЕАЛЬНОЙ ПИЩИ

Человек — существо гетеротрофное, то есть он может поддерживать свою жизнь, лишь уничтожая живое — растения, животных. Следовательно, будущее человечества (по крайней мере ближайшее) зависит от уровня развития сельского хозяйства, охотничьих и рыболовных промыслов — короче, от пищевых ресурсов земной биосферы.

Ныне треть человечества голодает. Причина этого вопиющего факта не в истощении пищевой базы Земли, а в капиталистическом принципе распределения материальных благ, в накоплении этих благ у одних за счет других. Между тем пищевые ресурсы нашей планеты огромны и земной шар может прокормить не только современное население Земли, но и количество людей во много раз большее. Подсчитано, что на всей нашей планете общая площадь пашен, плантаций и садов составляет 1,4 млрд., а лугов — 2,6 млрд. га. Допустим, что к концу века эти площади не изменятся, но урожайность поднимется до 30 ц с гектара пашни и 10 ц с гектара лугов (то есть до уровня, характерного сегодня для развитых стран). В этом случае общая сельскохозяйственная продукция к 2000 году по объему способна будет обеспечить пищей 13 млрд. человек.

Это расчеты минимальные, так как на самом деле посевные площади наверняка увеличатся и к тому же наверняка повысится урожайность с каждого гектара. Не учтены и пищевые ресурсы Мирового океана, хотя они и не столь велики, как считалось еще недавно. Оптимисты утверждают, что, если все это учесть, Земля может свободно прокормить примерно 60 млрд. человек. Во всяком случае о «пищевом истощении» Земли (даже если рост ее населения не затормозится) в ближайшее столетие говорить не приходится. Все дело не в пищевых ресурсах, а в способах их производства и, главное, в справедливом, социалистическом распределении материальных благ.

---

* *Ю. С. Лебедев* и *др.* От биологических структур к архитектуре. М., 1971, стр. 20.

Следует, однако, заметить, что на пути дальнейшего совершенствования сельского хозяйства человека ждут немалые трудности. Распашка новых земель при неумелом хозяйствовании приводит к эрозии, развеиванию почвы. За последнее столетие эрозия во всех странах повредила около 2 млрд. га земель, что почти равно территории Советского Союза и составляет 15 % всей суши. Эти земли дают очень низкие урожаи или используются (и то не всегда) под пастбища.

Казалось бы, современная химия способна быстро и эффективно расправиться с вредителями сельского хозяйства. Но как уже отмечалось, химические средства борьбы с ними (пестициды) и сорняками (гербициды) оказались смертельным ядом и для полезных животных — птиц, рыб и особенно дождевых червей, этих трудолюбивых разрыхлителей и обогатителей почвы. Мало того, химические яды отравляют воздух, воду, попадают в пищу и вызывают заболевания у многих людей.

С другой стороны, из-за загрязнения водоемов и иногда неразумного строительства плотин рыбному хозяйству наносится ущерб. Подчас истребляются и наземные, полезные человеку животные. Совершенно очевидно, что все эти промахи вызваны одной причиной — нашим плохим знанием и неучетом системы взаимосвязей в биосфере. Ясен и вывод: чтобы добиться максимальной производительности биосферы как пищевой базы человечества, надо изучить эти взаимосвязи и умело применить их на практике.

Вместо усиленной распашки все новых и новых земель, по-видимому, разумнее добиться повышения урожайности в рамках существующих посевных площадей, одновременно разработав эффективные средства борьбы с эрозией почв.

«Распашка лугов и пастбищ,— пишет член-корреспондент АН СССР В. А. Ковда,— должна производиться с большой осторожностью и после глубокого научного (включая экономический) анализа. Нельзя забывать, что луга и пастбища являются базой животноводства и звероводства, поставляющих дешевые, но полноценные животные белки и жиры для продовольствия и сырье для промышленности» *. Из-за вредителей и болезней растений человечество ежегодно теряет 85 млн. т зерна, что хватило бы для питания 400 млн. человек. А если учесть вред, наносимый сорняками,

* Сб. «Биосфера и ресурсы». М., 1971, стр. 43.

то получается, что сегодня человечество теряет до 30% урожая!

Как же помочь этой беде?

Очевидно, химическими удобрениями надо пользоваться осторожно, предварительно изучив возможные последствия их применения. Если они существенно нарушают равновесие, оптимальное для биосферы, то лучше от них отказаться и применить, скажем, биологические средства борьбы с вредителями и сорняками: ведь всегда можно найти в природе такие средства, которые окажутся противниками вредителей и «целителями» болезней. В этом случае можно надеяться, что биологический баланс будет сохранен тем естественным саморегулированием, которое присуще биосфере. Этот перспективный способ «биологической защиты» от вредителей и сорняков с каждым годом применяется все шире и шире.

Вряд ли можно считать химические удобрения единственным и наилучшим средством повышения урожайности. Гораздо заманчивее другая перспектива — управление наследственностью растений и животных с целью получения высокопродуктивных сельскохозяйственных культур и животных, которые обеспечат быстрое выращивание огромных количеств годного для пищи живого вещества.

В будущем видятся и другие перспективы. Гидропоника — метод выращивания растений на питательных растворах, без всякой почвы. Этим методом пользуются в сельском хозяйстве, в частности, для выращивания овощных культур. Весьма соблазнительно применение гидропоники в космических кораблях и на орбитальных станциях. А может быть, широкое внедрение гидропоники в сельское хозяйство решит, хотя бы отчасти, проблему эрозии почв? Сельское хозяйство без земледелия — разве это не заманчиво?

В настоящее время население развивающихся стран употребляет в пищу в пять раз меньше белков, чем население высокоразвитых стран. Для устранения белкового голодания уже сегодня нужно удвоить производство годных для пищи белков. В связи с этим за рубежом обсуждается возможность использования в качестве пищи микроорганизмов.

Напомним, что эти мельчайшие живые существа размножаются поразительно быстро. Если на удвоение «белковой массы» коров требуется 5 лет, свиней — 4 месяца, цыплят — 1 месяц, то бактерии в ходе размножения удваивают свой белок всего за несколько часов! Вот где таятся, казалось бы, практически неисчерпаемые пищевые ресурсы!

Но, увы, белок белку — рознь, и пока не ясно, способен ли человеческий организм эффективно усвоить бактериальную пищу: ведь в ходе длительной эволюции человек приспособился к растительным и животным белкам. Нелегко преодолеть и психологический барьер: как бы внешне привлекательно ни были изготовлены мясоподобные бактериальные продукты, человек, вероятно, предпочтет им привычный ростбиф или бифштекс.

Вот для откорма скота «бактериальная пища» уже сегодня, вероятно, пригодилась бы. И уже разработаны методы получения корма для скота путем переработки макулатуры и опилок микроорганизмами. Возможно, в недалеком будущем будет организовано соответствующее производство в промышленных масштабах.

Еще один путь решения проблемы — это создание синтетической пищи, во всех отношениях похожей на естественную.

Мы живем в век синтетики. Химия заменяет множество естественных продуктов искусственными. Широко вошли в практику заменители кожи, меха, шелка, льна, каучука, дерева, металлов, красок и многого, многого другого. Почему бы не заняться изготовлением синтетической пищи?

Проблема эта не нова. Еще в конце прошлого века французский химик М. Бертло утверждал, что к 2000 году сельское хозяйство будет заменено химической пищевой промышленностью. А еще раньше, в 1855 году, в Париже был построен первый завод по гидролизу сахара. Гидролизный сахар в нашей стране начали получать уже в первые годы Советской власти. А недавно на Канском гидролизном заводе из опилок получили чистейшую медицинскую глюкозу, годную даже для внутривенного вливания.

В 1967 году под руководством академика А. Н. Несмеянова была получена искусственная зернистая икра, внешне неотличимая от натуральной. Источником биомассы для нее послужили некоторые одноклеточные растения, а питательной средой — отходы перегонки нефти. Ко всему этому добавили химические вещества, дающие искусственной икре желательные вкусовые и пахучие качества. Несколько лет назад в Англии разработана технология прямого получения молока из зеленой растительной массы.

Эти первые шаги, конечно, мало приблизили человечество к желанной цели — полному освобождению от биосферы как пищевой базы. Ведь в опытах А. Н. Несмеянова и его предшественников искусственная пища создавалась из про-

дуктов биосферы (древесных опилок, одноклеточных растений). А нельзя ли уподобиться растениям и синтезировать пищу непосредственно из неорганических веществ?

Все свидетельствует о том, что такой синтез возможен — биосинтез вне живой клетки, в каком-то созданном человеком химическом реакторе. Человек, может быть, когда-нибудь и перейдет от использования продуктов природы к их искусственному сотворению, и, вероятно, в будущем мы научимся получать искусственные белки, жиры и сахар. Мыслимы и другие пути синтеза тех же органических веществ, например искусственный фотосинтез.

Широкое применение искусственного биосинтеза в промышленных масштабах, если только это произойдет, будет означать величайшую революцию в жизни человечества. На смену сельскому хозяйству придет тогда пищевая химическая промышленность, своеобразные фабрики пищи, опирающиеся на огромные запасы неорганического сырья. Исчезнут нивы и пашни, зато появятся новые заповедники, парки, причудливые искусственные ландшафты.

Нам сейчас трудно представить себе все последствия этого события. Но как считал В. И. Вернадский, это было бы увенчанием долгой палеонтологической эволюции, являлось бы не действием свободной воли человека, а проявлением естественного процесса.

Перестав употреблять в пищу животных и растения, человек, вероятно, и психологически изменил бы к ним свое отношение. Потребительство и хищничество заменились бы дружбой, формы которой, конечно, в деталях трудно себе представить.

От борьбы с природой, покорения ее человек неизбежно перейдет к «дружбе» с природой, «вживется» в нее так, чтобы отношения «человек — природа» стали вполне гармоничными. Таково начало. А дальше?

«Начав с преобразования природы,— пишет Г. Ф. Хильми,— человек перейдет к ее организации и в конце концов будет вынужден создать принципиально новую биосферу, состоящую из физической среды, населяющих ее организмов и включенных в природу технических устройств, контролирующих физическую среду и в значительной мере ее создающих» *.

* *Г. Ф. Хильми.* Основы физики биосферы, стр. 284.

СОКРОВИЩА ОКЕАНА

Как уже давно подмечено, нашу планету следовало бы именовать планетой Океан. Действительно, более 70% поверхности Земли покрыто водой. Расселившись по материкам, человек почти одновременно с выходом в космос приступил к серьезному штурму морских глубин.

Впрочем, первые разведки прибрежных вод начались еще в древности. Опытные ныряльщики опускались на глубину до 30 м и пребывали под водой до трех минут. Этот самый примитивный способ исследования мелководья до сих пор применяется искателями жемчуга. Много позже в водолазных скафандрах удавалось на короткий срок опускаться до глубин в 80 м.

Изобретение в 40-х годах текущего века акваланга, этого нехитрого устройства, выполняющего функции «подводных легких», означало революцию в истории освоения морских глубин *. В аквалангах применяется обычный воздух, который подается в легкие пловца под давлением, соответствующим глубине погружения. Надо заметить, что давление воды на ныряльщика быстро растет с глубиной и уже на глубине 300 м оно в 30 раз выше атмосферного. Это порождает немалые трудности.

На глубине 40—60 м у водолазов и аквалангистов наступает состояние глубинного опьянения. Причина его — чрезмерное обилие кислорода в том сжатом воздухе, которым дышит водолаз. Если уменьшить количество кислорода до нескольких процентов (при этом остальная часть газовой смеси придется на долю азота), то можно, как показали эксперименты швейцарского ученого Ганса Келлера, нырять на глубины до 400 м. Вместо азота используют и другие инертные газы, например гелий, аргон, криптон, причем на разных глубинах применяют разные смеси. Возможно, что с такой методикой станут доступными глубины до одного километра!

Другая трудность для ныряльщиков и водолазов — возвращение на поверхность океана. Если всплывать очень быстро, растворенные в крови и мышечных тканях газы начинают с уменьшением давления бурно выделяться из крови в виде пузырьков. Эти коварные пузырьки способны вызвать закупорку кровеносных сосудов и привести к поражению внутренних органов человека. Такова суть кессон-

---

* Подробнее см. *И. Б. Литинецкий.* Беседы о бионике. М., 1968.

ной болезни, иногда заканчивающейся смертью. Чтобы этого не случилось, приходится всплывать крайне медленно (например, с глубины 100 м за 10 часов).

Ганс Келлер сумел найти решение и этой проблемы. По его методике, на каждом последующем этапе подъема водолаз дышит более тяжелой смесью, чем на предыдущей. Таким методом Келлер сумел с глубины 300 м подняться на поверхность океана всего за 48 минут.

Как ни велики успехи водолазов и ныряльщиков, их работу можно рассматривать лишь как предварительную разведку океанских глубин, или, точнее, материкового шельфа. Начало освоения голубого континента естественнее связать с «постройкой» на дне океанов жилищ и лабораторий.

Самое первое из таких поселений было создано в сентябре 1962 года Жаком Кусто, знаменитым французским исследователем океана, одним из изобретателей акваланга. «Подводный дом» длиной 6 и высотой 2 м был установлен на дне Средиземного моря, вблизи Марселя, на глубине 10 м. Он обслуживался двумя судами, подающими в дом электроэнергию, пресную воду и свежий воздух. Внутри подводного дома, внешне напоминающего железнодорожную цистерну, давление воздуха составляло 2 атмосферы — ровно столько же, сколько и водяное давление на данной глубине.

Поэтому люк в подводное жилище постоянно оставался открытым, и через эту дверь двое акванавтов-исследователей в любое время могли покинуть подводный дом для изучения его окрестностей.

Первое подводное поселение — «Преконтинент-I» — просуществовало всего неделю, но менее чем через год Жак Кусто в Красном море на глубине 11 м основал «Преконтинент-II». Главный пятикомнатный стальной дом, внешне напоминающий морскую звезду, внутри был вполне комфортабельным жилищем и научной лабораторией. Второй подводный домик, названный «нижней кабиной», поместили на глубине 27 м. В состав подводного поселения входил и грибовидный подводный ангар, внутри которого базировалась маленькая дисковидная подводная лодка, названная «ныряющим блюдцем». Водяной реактивный двигатель сообщал ей скорость до 1,5 км/час, и внутри нее два акванавта могли погружаться до глубины 300 м. «Блюдце» отличалось большой маневренностью: легко разворачивалось и могло двигаться в любом направлении.

«Преконтинент-II» просуществовал на дне моря месяц,

и этот опыт убедил энтузиастов покорения океана, что подводные промышленные и научные станции в недалеком будущем станут обычными и многочисленными. И на самом деле за последнее десятилетие кратковременные подводные поселения организовали не только французы.

В августе 1964 года недалеко от Бермудских островов на глубине 60 м в течение 11 дней работала американская лаборатория «Силэб-I». Год спустя на дне Тихого океана, в километре от берегов Калифорнии, на глубине 62,5 м начала работу вторая американская подводная станция — «Силэб-II». Она просуществовала полтора месяца, и в ее работе в качестве акванавта принял участие американский космонавт Скотт Карпентер. В том же 1965 году в Средиземном море, на этот раз на глубине 130 м, 21 день работал «Преконтинент-III» — очередное подводное поселение французов.

В 1966 году на дне Черного моря, у берегов Крыма, советские акванавты Александр Хаес и Дмитрий Галактионов установили стальной подводный домик «Ихтиандр-66». Они прожили в нем только трое суток, но за этой первой разведкой черноморских глубин последовала новая подводная экспедиция 1967 года, и на дне Черного моря появился «Ихтиандр-67».

С тех пор на Черном море ежегодно работают подводные станции «Черномор», проводящие большую научно-исследовательскую работу.

Таковы были первые шаги по освоению, или, лучше сказать, «заселению», океана. Конечно, они выглядят весьма скромными, если представить себе всю остальную, неисследованную и «незаселенную» часть Мирового океана. Но ведь первые полеты аэропланов в начале текущего века не рождали всеобщего оптимизма, и уж во всяком случае вряд ли кто-нибудь мог предположить, что всего лишь через несколько десятилетий человек не только полностью освоит полеты в земной атмосфере, но и совершит первые космические полеты и посетит Луну. В наш век заселение океана может пойти гораздо быстрее, чем мы можем сегодня предполагать.

Дальнейшие события, возможно, будут развиваться так.

Постепенно подводные поселения станут все более и более многочисленными, совершенными и глубоководными. Увеличится армия акванавтов, и на дне морей и океанов возникнут постоянные поселения со сменным персоналом.

Здесь, как и во многом другом, можно усмотреть аналогию с грядущим заселением Луны и других небесных тел.

От научно-исследовательских подводных лабораторий человечество перейдет к строительству автоматизированных подводных фабрик и заводов. Возникнет подводная индустрия, и это великое событие в жизни человечества, возможно, совпадет с организацией индустрии в космосе. Учитывая экспансию жизни как одно из основных ее свойств, унаследованных и человечеством, можно думать, что со временем весь Мировой океан будет освоен.

Хотя человек — существо наземное, он ведет свою родословную от земноводных, а еще более отдаленные его предки обитали в океанах, и водная стихия была для них естественной средой. Как это ни удивительно, но уже сегодня намечаются возможности для человека вновь «вернуться» в океан «без ничего», то есть без скафандров и аквалангов. Когда-то так поступили китообразные, но человек, разумеется, не повторит их пути. Ему, покорителю космоса, нет нужды полностью покидать сушу и превращаться в жителя океана. Речь, конечно, идет о другом — о поисках средств, позволяющих человеку обитать в водной среде без каких-либо защитных технических приспособлений.

Недавно начались любопытнейшие эксперименты. Собак помещали в аквариум и заставляли их дышать подсоленной, обогащенной кислородом водой, по составу несколько напоминающей плазму крови. Как это ни парадоксально, собаки в ходе опытов действительно дышали водой, или, точнее, растворенным в ней кислородом, а затем, когда их вытаскивали из воды и удаляли из легких воду, они возвращались к обычному образу жизни *. Получается нечто странное: чтобы заставить собаку жить под водой, надо ее предварительно утопить, то есть наполнить ее легкие водой!

Не пытайтесь проверить сказанное на себе: эти опыты могут для вас оказаться последними, ведь в воде концентрация кислорода в 30 раз меньшая, чем в воздухе. Значит, «утопленник», чтобы сохранить себе жизнь, должен дышать в 30 раз быстрее, чем на воздухе, а это в свою очередь потребует значительного увеличения расхода кислорода. Некоторым собакам удалось дышать водой, но ведь многие из животных в ходе опытов погибли. Видимо, надо искать другие пути решения проблемы.

Весьма перспективны так называемые селективные мем-

---

* См. *И. Б. Литинецкий.* Беседы о бионике, стр. 355—360.

браны — прозрачные кремнеорганические пленки. Они обладают замечательным свойством: будучи водонепроницаемыми, они вместе с тем пропускают сквозь себя молекулы углекислого газа и кислорода. В проведенных недавно опытах селективная мембрана, отделявшая воду от воздуха (при нормальном атмосферном давлении), извлекала кислород из воды и пропускала обратно в воду молекулы углекислого газа. Таким образом, она выполняла функции жабр, и хомяк, помещенный в подводном домике со стенками из селективных мембран, чувствовал себя вполне нормально.

Селективные мембраны успешно применялись и для дыхания человека под водой. Может быть, они совершат революцию в освоении голубого континента? Думается, что будут найдены и другие способы, обеспечивающие человеку нормальную жизнь в водной среде.

Но чем так привлекателен для нас океан? Какие сокровища таит он в себе?

Уже сегодня океан приносит человечеству годовой доход, измеряемый многими миллиардами рублей. Примерно $^3/_4$ этой суммы приходится на долю рыбного промысла. Подводные нефтяные месторождения уже сейчас дают 17 % мировой добычи нефти, и совершенно очевидно, что известные ныне подводные нефтяные месторождения — ничтожная доля тех, которые еще пока скрыты в океанских глубинах. На дне океанов сконцентрированы и огромные запасы каменного угля.

Еще в прошлом веке на океанском дне были найдены обильные темные шишкообразные наросты, валунообразные образования, устилающие участки дна. Они оказались железомарганцевыми конкрециями, фактически богатейшими железомарганцевыми рудами. Их запасы оцениваются по меньшей мере в триллионы тонн. Только на дне Тихого океана марганца в 4000 раз больше, чем в известных наземных месторождениях. На океаническом дне залегают запасы никеля, кобальта, меди, цинка, возможно, в сотни и тысячи раз больше тех, которые нам уже известны на суше.

В соленой воде морей и океанов растворены многие миллиарды тонн различных соединений, из которых 80 % приходятся на долю поваренной соли. Остальные 20 % составляют колоссальные запасы магния, калия, брома и других элементов. Даже запасы урана в морской воде составляют 4 млрд. т. Если из этой воды извлечь все золото, в ней находящееся, то на каждого жителя Земли придется по 3 т этого драгоценного металла.

В Мировом океане, по далеко не полным подсчетам, обитает более 150 тыс. видов живых существ, из них 17 тыс. видов водорослей и планктона способны давать до 50 урожаев в год! Широко известная питательная водоросль хлорелла содержит до 50 % белков, тогда как в пшенице их всего 12 %. Ясно, что Мировой океан может быть использован человечеством гораздо шире, чем сейчас, и в отношении пищевых ресурсов. В недалеком будущем человечество, возможно, разовьет подводное сельское хозяйство, на подводных фермах начнут разводить ценные породы рыб, а вокруг этих ферм будут «пастись» рыбные стада. Специалисты утверждают, что уже в недалеком будущем мировая добыча рыбы может составить 2,5 млрд. т в год, что по белковому содержанию равноценно 3 млрд. голов крупного рогатого скота!

У нас в стране с 1954 года уже начали высевать хлореллу, причем даже в первые урожаи с гектара хлореллового «луга» удалось получить в 20 раз больше кормов для скота, чем с гектара клевера. Между прочим, хлорелла — ценное средство для производства спирта и удобрений.

Океан — неисчерпаемый резервуар уникальных лекарств, сулящий медицине огромные перспективы. Океан, вероятно, позволит решить и проблему пресной воды, которая на земном шаре с каждым годом ценится все дороже. С одной стороны, не исключено, что на дне океанов есть источники пресной воды. С другой стороны, совершенствуются методы опреснения морской воды, общие запасы которой колоссальны.

Из океанской воды можно добывать и дейтерий — топливо для управляемых термоядерных реакций.

По прогнозу известного советского океанолога академика Л. А. Зенкевича, следующий век будет не только веком космоса, но и веком океана. Заселение средних глубин произойдет, вероятно, в ближайшие десятилетия. Позже на больших глубинах, возможно, появятся крупные подводные города и промышленные центры.

ТРАНСПОРТ ЗАВТРА

Как остроумно подметил один из крупных современных ученых, львиная доля энергии, затраченной за время существования человечества, использована для перемещения вещей с одного места на другое. С прогрессом цивилизации обмен

веществом, энергией и информацией, естественно, увеличивается. Темп жизни нарастает, а значит, совершенствование транспорта как средства обмена становится неизбежным.

С глобальной точки зрения транспортные «артерии» (железные дороги, шоссе и т. п.) действительно образуют нечто напоминающее кровеносную систему человека. При такой аналогии средства транспорта (поезда, автомобили, самолеты и т. п.) можно уподобить элементам крови (эритроцитам, лейкоцитам и др.), также, как известно, переносящим в организме вещество и энергию. Чем взрослее человек, чем большую работу ему приходится выполнять, тем интенсивнее становится кровообращение его организма. Словом, предлагаемая аналогия достаточно наглядна.

Максимальные скорость, экономичность, удобства — вот основные требования, предъявляемые к любому виду транспорта. Причем первое из этих требований относительно. Оно зависит от обстоятельств, места и времени; никто, например, не пожелает, да и не сможет нестись по улицам Москвы со скоростью звука. При межпланетных же перелетах скорость звука представляется явно недостаточной.

Хотя колесо было известно уже древним, скорости транспортных средств до конца XVIII века, как правило, не превышали нескольких десятков километров в час. К концу прошлого века железнодорожные экспрессы иногда развивали кратковременную скорость до 175 км/час. Скорости современных самолетов составляют сотни и тысячи километров в час, а космических кораблей — десятки тысяч километров в час. Вряд ли, однако, даже в отдаленном будущем возникнет нужда в перемещении по Земле со скоростью во многие тысячи километров в час. Эти космические скорости — удел авиации и космонавтики.

Железнодорожный транспорт, славно послуживший человечеству на протяжении полутора столетий, сегодня явно не выдерживает конкуренции с современным автотранспортом (не говоря уже о будущих средствах сообщения), и характерно, что такие страны, как Австралия, практически миновали эру железных дорог и сейчас там главенствуют автомобили и авиация.

Хорошо известно, что современные автомобили — далеко не идеальный вид транспорта. Они пожирают топливо, запасы которого хотя и велики, но все же ограниченны. Они выполняют незавидную роль главных отравителей атмосферы.

Один из возможных выходов из этих неприятностей заключается в переходе на автомашины с газовым двигателем и на электромобили.

Что касается габаритов городских автомобилей, то сегодня они явно завышены. На запруженных транспортом улицах больших городов автомобиль с одним-двумя пассажирами занимает 8 кв. м площади на стоянке и около 30 кв. м в движении. Эта расточительность явно не имеет будущего. Перспективный тип городского автомобиля — двухместный маленький электромобиль, предельно бесшумный, с плавным ходом, высокой динамикой разгона. Не обязательно, чтобы его скорость была высокой — достаточно 50 км/час. Но важно, чтобы движение совершалось непрерывно, что должны обеспечить соответствующие транспортные артерии.

Весьма перспективен транспорт на воздушной подушке — идея этого изобретения, как известно, принадлежит К. Э. Циолковскому.

Как и электромобили, транспорт на воздушной подушке (увы, пока на двигателях внутреннего сгорания) уже реальность. Представьте себе паром, курсирующий через Ла-Манш между Францией и Англией. Под него с помощью специальных двигателей нагнетается воздух. Когда давление станет достаточно большим, паром чуть-чуть поднимается и висит над водной поверхностью до тех пор, пока работают двигатели. Достаточно сравнительно небольшой силы, приложенной к парому в горизонтальном направлении (она создается пропеллерами), и паром начинает скользить над поверхностью моря со скоростью более 100 км/час. Грузоподъемность такого парома немалая: 250 пассажиров и 30 автомобилей. А ведь это только начало!

Замечательно не только то, что в бесколесном транспорте на воздушной подушке трение при движении минимально. Этот транспорт одинаково хорошо применим и на море и на суше. Он может использоваться и в болотистых, не доступных для любых других средств передвижения местах. В ближайшем будущем транспорт на воздушной подушке, вероятно, найдет себе самое широкое применение, и с этим конкурентом другим видам транспорта бороться будет нелегко.

Многое можно ожидать от трубопроводного пневматического транспорта, основанного на том же принципе, что и пневматическое ружье. Внутри трубопровода будут размещены поезда с пассажирами. В трубу с тыловой части поезда

нагнетается воздух, а спереди пневматического поезда, наоборот, воздух отсасывается.

За счет разности давлений поезд движется в трубе, причем тонкий слой воздуха постоянно изолирует его от стен трубопровода и тем самым трение при движении сведено к минимуму.

Конечно, в этом способе передвижения есть и недостатки. Нагревается труба, затруднено снабжение пассажиров свежим воздухом, много шума. И все-таки пневматические поезда, движущиеся со скоростью до 800 км/час, могут стать серьезным соперником автотранспорту, в особенности по грузовым перевозкам. Кстати, пневматические поезда могут двигаться в трубах и над землей — еще одно достоинство этого вида транспорта.

Опыт метрополитена желательно использовать в будущем максимально широко. Было бы идеально, если бы весь наземный транспорт удалось увести под землю и густой сетью подземных дорог оплести весь земной шар. С полным переходом на электрическую тягу, не отравляющую воздух, это станет в принципе вполне возможным.

На поверхности же Земли, особенно в городах, целесообразно использовать ленточные транспортеры типа эскалаторов в метро. Речь идет о движущихся тротуарах и дорогах, состоящих из многих лент с разным режимом движения. На пространствах же земной поверхности, не занятых домами и транспортерами, разместится «живая природа» — много зелени, водоемов и других красот естественного и искусственного ландшафта.

Авиация — промежуточное звено между наземным транспортом и транспортом космическим. Тенденции в развитии современной авиации проступают достаточно явственно. Транспортные самолеты становятся все крупнее, быстроходнее, экономичнее и маневреннее. Но вряд ли можно считать земную атмосферу вполне покоренной до тех пор, пока не будут освоены и широко внедрены в практику вертикальные взлет и посадка. С другой стороны, реактивные двигатели, постепенно вытесняющие своих предшественников, не «предел мечтаний». Они шумны, прожорливы и сильно загрязняют воздух. Пока, к сожалению, не видно, чем их заменить, но рано или поздно это сделать придется.

Тенденции в морском транспорте аналогичны. Что касается размеров, то современные японские танкеры водоизмещением во много сотен тысяч тонн — самые грузоподъемные на нашей планете транспортные средства. Строятся

танкеры и в миллион тонн водоизмещения. Это, правда, не значит, что они одновременно и самые удобные во всех отношениях (вспомните хотя бы последствия катастроф с нефтеналивными танкерами). И все-таки гигантомания прочно владеет грузовым морским транспортом, хотя пассажирский морской и речной транспорт предпочитает ныне большую скорость в ущерб грузоподъемности (суда на воздушной подушке, с крыльями, ракетные суда).

Главное, что наверняка ждет все виды транспорта будущего,— это всеобщая и всеобъемлющая автоматизация. Все, что можно и нужно автоматизировать, будет автоматизировано, и это не только упорядочит движение транспорта и уменьшит возможность аварий, но и усилит (а это главная задача) транспортный обмен.

Автопилот на самолетах, автоматическая сигнализация на железных дорогах — эти и многие другие сегодняшние, хорошо известные проявления автоматики на транспорте — скромное начало бурного прогресса. На очереди широкая автоматизация всего наземного транспорта, в особенности автомобилей. Предполагают (и это вполне реально), что автоматы заменят не только водителей, но и регулировщиков.

«НЕРВНАЯ СИСТЕМА» ПЛАНЕТЫ

Если в средствах транспорта и транспортных коммуникациях можно усмотреть некоторую аналогию с кровеносной системой, то средства и линии связи образуют нечто вроде нервной системы планеты. И эта область человеческой деятельности переживает сегодня бурный рост. Точнее, на наших глазах происходит информационно-коммуникационный взрыв, охвативший все сферы деятельности человека. Ныне создана глобальная сеть обмена информацией — сеть, бурно развивающаяся, сулящая в будущем поистине головокружительные перспективы.

Еще в 1966 году во всем мире действовали 209 млн. телефонов, 601 млн. радиоприемников, 198 млн. телевизоров. Годовой прирост этих средств связи составляет от 20 до 35 %, что в десятки раз превосходит годовой прирост населения. Это означает, что за исторически короткое время телефонами, приемниками и телевизорами будет обеспечено практически все человечество.

Характерно, что растет не только количество средств связи, но и объем их использования. Так, например, в США

число внутренних междугородных телефонных разговоров ежегодно увеличивается на 14 %, а межконтинентальных — на 17 %. Телевидение особенно популярно. Подсчитано, что в среднем европейцы ежедневно просиживают у экрана телевизора три часа, американцы — четыре часа.

Появляются новые средства связи. Обычно они рождаются как некоторые «гибридные» разновидности уже существующих аппаратов. Так были изобретены фототелеграф, телетайп (своеобразное сочетание телеграфа и телефона), видеофон (гибрид телефона и телевизора). Общая тенденция в совершенствовании средств связи выражается в создании максимального «эффекта присутствия». Так, разговаривая по видеотелефону, вы не только слышите, но и видите собеседника. Добавьте к этому цвет, стереофоничность, стереоскопичность изображения — качества, технически вполне воплотимые в недалеком будущем,— и «эффект присутствия» значительно усилится.

Каким же мыслится будущее средств связи и обмена информацией?

Стремление к миниатюризации приведет к тому, что лет через двадцать, а то и раньше широко войдут в обиход наручные радиоприемники и передатчики, питаемые теплом человеческого тела, карманные видеотелефоны, плоские, похожие на картины цветные телевизоры, в случае необходимости весьма портативные.

«Интервидение» на наших глазах стало реальностью, а всевозможные спутники связи — существенной частью околоземного «космического флота». Ретрансляция с помощью спутников — один из самых емких каналов информации. Благодаря обширным диапазонам спектра радиочастот спутники связи в будущем смогут обеспечить одновременно «место в эфире» по крайней мере миллиону телепрограмм и миллиарду радиопрограмм. И для системы спутников связи возможно то, что неосуществимо или трудно осуществимо для наземных радиостанций,— они могут «вещать» сразу на весь земной шар (ведь даже один передатчик на борту спутника способен обслужить телевизионными программами всю Центральную Европу!).

Еще больше облегчит и сделает универсальными контакты между людьми применение лазерной техники в связи.

Телевидение превратится в самое распространенное международное средство связи. Судя по всему, оно постепенно вытеснит старые средства информации — газеты. Вместо них на телеэкране зритель (вспомните обилие про-

грамм) сможет узнать все, что он захочет. Обучение по телевидению, делая сегодня первые шаги, в будущем, возможно, во многом заменит традиционные формы образования.

По мере совершенствования средств связи сократятся деловые поездки и путешествия. Если по карманному видеотелефону, набрав номер, можно связаться с любым человеком (а такая возможность технически реальна), нужда в командировке работника уменьшится.

И все-таки сомнения вызывают не эти кажущиеся почти фантастическими конкретные прогнозы, а нечто другое, более общее: как люди сумеют находить в этой лавине информации нужные им сведения?

Очевидно, выход мыслим только один — широкое, универсальное использование автоматических машинных вычислительных устройств, имитирующих отдельные стороны нашей интеллектуальной деятельности. Как догадался читатель, речь идет об электронно-вычислительных машинах (ЭВМ).

Как мы уже говорили, производство ЭВМ развивается в темпах, невиданных в других областях техники. Прогресс здесь и количественный, и главным образом качественный. Очень быстро устаревают одни типы ЭВМ, и их заменяют новыми, меньшими по размерам, но более совершенными образцами. По некоторым оценкам, к концу текущего века быстродействие ЭВМ возрастет в 10 тыс. раз, а размеры их сократятся в 1000 раз. Но самое замечательное то, что стоимость ЭВМ к 2000 году намного уменьшится, а это означает, что почти каждый желающий сможет обзавестись портативной ЭВМ, проделывающей несколько миллиардов операций в минуту!

Что касается общественных функций ЭВМ, то на их долю выпадет главным образом тяжесть управления информационной лавиной.

Уже сегодня ЭВМ во многих случаях — важнейшее звено во всех автоматических системах регулирования. В обозримом будущем ЭВМ обеспечат автоматическое управление транспортом, автоматический поиск литературы и ее копирование, перевод с одного языка на другой, хранение и выдачу огромных запасов информации. Управление народным хозяйством сегодня немыслимо без самого широкого использования ЭВМ.

В будущем неизбежно создание широкой сети информационных банков — специальных ЭВМ с очень большой емкостью запоминающих устройств. Такие машины будут

классифицировать, кодировать и хранить поступающую в них информацию, а также выдавать ее по требованию абонента. В сущности это напоминает банк, выполняющий с информацией почти те же операции, которые обычный банк производит с деньгами. Что же касается информации, то она, несомненно, дороже всяких денег, и это есть главная ценность земной цивилизации. Вероятно, придется создать множество информационных «банков», специализированных в определенной области знания.

Связи между «банками» образуют информационные сети — некоторые аналоги нервных волокон. Объединения отдельных «банков» по какому-либо признаку создадут нечто напоминающее нервные узлы. Наконец, глобальное объединение всех этих узлов в единую информационную систему планеты можно сравнить с центральной нервной системой.

Зачатки этого будущего видны в настоящем. Так, например, в рамках СЭВ создается международный центр научно-технической информации. Это система более высокого класса, чем, скажем, существующие электронно-вычислительные станции и центры и даже чем единая государственная система научно-технической информации.

Нечто подобное намечается в области телефонии и телевидения — объединение в регионы, а затем и в единые международные организации.

Стремительно формируется «нервная система» планеты. Вместе со средствами сообщения средства связи облегчают международное сотрудничество всех прогрессивных сил планеты, обмен научной информацией в глобальном масштабе, а это эффективно способствует формированию ноосферы.

ЭНЕРГЕТИКА БУДУЩЕГО

Цивилизация не может существовать и развиваться, не потребляя вещество и энергию. Это те исходные ресурсы, посредством которых прогрессирующая цивилизация обогащается и информацией. Следовательно, будущее человечества в значительной мере зависит от того, в какой мере оно сумеет в «вихрь» своей жизни постоянно вводить вещество и энергию.

Если в целом оценить исторический прогресс энергетики, то легко сделать вывод, что он выражался во все большем и большем овладении веществом и энергией.

Ныне, когда энергетические потребности человечества стали ощутимыми в глобальном масштабе, «неисчерпаемость» земных ресурсов может считаться лишь образным термином, явно противоречащим действительности. Земные ресурсы вещества и энергии, безусловно, исчерпаемы, и задача науки состоит в том, чтобы подсчитать, хотя бы приближенно, на что может рассчитывать энергетика будущего и какая разновидность энергетики (по современным представлениям) может считаться наиболее перспективной.

Ныне ежесекундно человечество потребляет $3 \cdot 10^{19}$ эрг энергии и годовой прирост этой величины очень велик. Если бы он составлял всего треть процента, то удвоение энергопотребления наступило бы через 100 лет. На самом же деле за последние два столетия удвоение производства энергии наступало примерно каждые 20 лет. В нашей стране уже много лет годовой прирост энергопотребления составляет примерно 10%, а в США за ближайшие 100 лет энергопотребление (при современных темпах роста) должно вырасти в 30 раз! Если удвоение энергопотребления и впредь будет наступать каждые 20 лет (а скорее всего прирост возрастет), то уже через 200 лет человечество станет потреблять в 1000 раз больше энергии, чем сегодня, — $3 \cdot 10^{22}$ эрг/сек. А это количество, кстати сказать, составляет уже примерно 1% от потока солнечной энергии, падающей на Землю.

Энергетическая прожорливость современной техники поразительна. И здесь мы являемся свидетелями (а лучше сказать, участниками) еще одного «взрыва» — энергетического. Но откуда человечество возьмет столько энергии?

Мускульная сила животных и человека уже давно не считается источником энергии для технических устройств. Почти таким же архаизмом выглядит и использование в качестве источника энергии древесного топлива. Биосфера нужна человечеству для других целей, да и, кроме того, если даже вырубить все леса и создать повсеместно на Земле зону пустыни, то и это варварское и, к счастью, фантастическое мероприятие не обеспечит в будущем сколь-либо существенно энергетические нужды человечества.

Использование ископаемых видов топлива (главным образом нефти и каменного угля) — это по существу трата основного капитала. То, что природа создавала сотни миллионов лет, мы полностью израсходуем за несколько столетий.

По грубо ориентировочным подсчетам специалистов, известные ныне запасы нефти иссякнут примерно через

150 лет, запасы всех видов угля — через 100 лет. Некоторые же из прогнозов менее оптимистичны; если им верить, запасы угля исчерпаются уже к началу будущего столетия. Что касается других полезных ископаемых, то запасов железных руд, возможно, хватит на два века, запасов бокситов — примерно на полтора века. Остальные же ценные для техники материалы (медь, свинец, олово и др.) будут полностью исчерпаны всего за несколько десятков лет.

Конечно, к количественной стороне этих прогнозов надо относиться осторожно. Ведь самые глубокие современные шахты напоминают булавочные уколы в толще литосферы. Если будут найдены экономически выгодные и технически осуществимые средства добычи полезных ископаемых с больших глубин, запасы традиционных видов сырья и энергетические источники значительно пополнятся. Большие надежды вселяет океан, в первую очередь уже начавшаяся добыча нефти из морских глубин. Однако надо ясно себе представлять, что все это лишь временные средства, не решающие радикально энергетическую проблему. В любом случае ископаемых видов топлива (если энергопотребление сохранится даже на современном уровне) хватит на века, а не на тысячелетия.

Энергия ветра и воды используется пока недостаточно. В частности, мало применяется в технике и энергия приливов, потенциальный запас которой составляет 200 млрд. квт. Однако возлагать большие надежды на эти виды энергетики не приходится. Все они дают полезный «выход», во много раз уступающий тому, который можно ожидать от ископаемых видов топлива.

Подземное тепло — соблазнительный, но пока мало потребляемый источник энергии. Практически используется лишь энергия горячих подземных вод. Так, например, на Камчатке уже работает геотермальная электростанция мощностью 5000 квт. Что же касается тепловой энергии больших глубин, то к ней пока что технически так же трудно добраться, как и до сверхглубоких залежей полезных ископаемых, хотя уже есть проекты использования «глубинного» тепла Земли.

Солнце ежесекундно посылает на Землю энергию в количестве 40 трлн. больших калорий. Правда, до 70% ее поглощается атмосферой, но и «остаток» получается таким большим, что с первого взгляда в использовании солнечной энергии можно видеть главную форму энергетики будущего. На самом деле все не так просто, как кажется.

Солнечная энергия, поступающая на Землю, крайне рассредоточена: на каждый квадратный метр земной поверхности приходится примерно 1,2 л. с. Пока что мы умеем превращать в электроэнергию лишь $^{1}/_{10}$ того, что получаем от Солнца. Можно подсчитать, что затраты на одну лошадиную силу, получаемую с помощью современных солнечных батарей, составляют примерно 100 тыс. долларов. Иначе говоря, чтобы от солнечных батарей мог работать двигатель автомобиля мощностью 100 л. с., надо, чтобы площадь этих батарей составляла 800 кв. м. Абсурдность такого использования солнечной энергии не требует пояснений.

Использование солнечного тепла для паровых двигателей — дело, давно практикуемое, но пока малоперспективное. Вклад гелиоустановок такого типа в общую энергетику человечества ничтожен. В некоторых проектируемых установках паровой котел заменен термоэлектрогенератором на полупроводниках. Это, несомненно, значительный шаг вперед в области гелиотехники. И все-таки, вероятно, не солнечное излучение в конце концов удовлетворит энергетический голод человечества. Радикальное решение проблем энергетики будущего заключается в использовании ядерной энергии.

В первых атомных бомбах, как уже говорилось, действовала неуправляемая цепная реакция деления. В современных промышленных атомных реакторах реакция деления управляется в желаемых пределах, то есть процесс деления урана и некоторых других тяжелых элементов (скажем, плутония) контролируется специальными устройствами. Этого, например, можно достичь, вводя в пространство, где совершается реакция деления, стержни из сильно поглощающего нейтроны вещества. По величине скорости (или энергии) используемых нейтронов ядерные реакторы подразделяются на тепловые, промежуточные и быстрые. В последнем случае замедлитель отсутствует, так как используются непосредственно нейтроны деления *.

Ядерные реакторы деления уже нашли себе значительное практическое применение. В Советском Союзе, США и Англии работают атомные электростанции мощностью в сотни тысяч киловатт. Атомный ледокол «Ленин» и американская атомная подводная лодка «Наутилус» положили начало атомным флотам крупнейших стран мира. Удельный вес атомной энергетики быстро растет, и к концу века до 30 %

---

* Подробнее см. *К. Н. Мухин*. Занимательная ядерная физика. М., 1972.

добываемой человечеством энергии, вероятно, придется на долю ядерной энергии деления. Однако есть веские причины, по которым сегодняшняя ядерная энергетика вряд ли станет господствующей энергетикой далекого будущего.

Прежде всего запасы урана ограниченны. Главное же в другом. Деление ядер — это самый грязный и самый неприятный способ высвобождения энергии из всех, которые известны человеку. Проблема избавления от отходов современной ядерной энергетики не решена.

Термоядерный синтез, служащий источником энергии Солнца и звезд, применен человеком в водородных бомбах. Если бы удалось «оседлать» эту реакцию выделения ядерной энергии, сделать ее регулируемой, управляемой, проблема энергетики будущего была бы решена.

В солнечных недрах, как уже говорилось, в ходе протон-протонной реакции водород превращается в гелий, а часть вещества («дефект массы») переходит в излучение. При этом на каждый грамм образующегося гелия выделяется 175 тыс. квт-ч энергии. Этот процесс возможен лишь при температурах в десятки миллионов градусов и давлениях в десятки миллиардов атмосфер. Такие температуры — обычное явление для недр звезд, но в условиях Земли создание подобной «звездной» обстановки сопряжено с огромными трудностями.

В теоретически мыслимом термоядерном реакторе исходным материалом могли бы служить ядра дейтерия — изотопа водорода с атомным весом 2. При их слиянии образуются гелий или тритий (изотоп водорода с атомным весом 3). Но чтобы это слияние произошло, нужно, в частности, создать и поддерживать температуру в несколько сот миллионов градусов. Ясно, что ни один сосуд такой температуры не вынесет, а мгновенно испарится. Но вещество при сверхвысоких температурах — это плазма, то есть в целом нейтральная смесь положительных и отрицательных ионов. Единственное, что может удержать высокотемпературную плазму в должных границах,— магнитное поле. Оно удержит плазму от расширения в вакуум, отделяющий зону реакции от стенок реактора. Тогда на Земле вспыхнет маленькое искусственное Солнце и энергия множества таких «солнц» насытит все энергетические установки человечества.

Такова идея. Ее же осуществление пока еще находится в первоначальной стадии. Получить сверхвысокие температуры возможно, и это уже сделано (например, при помощи мощных искусственных электрических разрядов).

Однако обеспечить устойчивость возникающего плазменного «шнура» пока не удалось *.

Неясен также вопрос о других условиях устойчивости термоядерной реакции с нужным энергетическим выходом. Что касается технических требований к реактору, например, на смеси дейтерия и трития, то они выходят за рамки сегодняшнего уровня техники и вряд ли выполнимы раньше, чем через два десятилетия. Более сложные термоядерные реакторы (например, на чистом дейтерии) сегодня выглядят фантастически сложными и недоступными для реализации.

И все-таки в первых опытах на советских установках «Токамак», при температурах плазмы в 3 млн. градусов, наблюдалось нейтронное излучение термоядерного происхождения! Длилось оно, правда, всего 30 тысячных долей секунды, но это скромное начало — залог будущих успехов.

Сейчас над проблемой «термояда» работают ученые многих стран. Возможно, что до конца столетия человечество решит эту главную энергетическую проблему.

Если это произойдет, навсегда отпадут заботы о ресурсах топлива: в нашем гелиоводородном мире легких элементов предостаточно. Даже в земных морях и океанах содержится 10^{17} т водорода и $2 \cdot 10^{13}$ т дейтерия. Угроза энергетического голода отпадет навсегда.

МЕХАНИЗМ НООСФЕРЫ

Эпиграфом к этой главе могла бы послужить общеизвестная поговорка «ум — хорошо, а два — лучше». Все дальнейшие рассуждения будут по существу развивать и обосновывать этот тезис применительно к будущему ноосферы. В предыдущих главах мы увлеклись частностями, хотя и очень важными, но все же способными несколько затушевать общую перспективу. Теперь же нам предстоит снова вернуться к учению о ноосфере и выявить тот конкретный механизм, в форме которого она воплотится в будущем.

Итак, «ум — хорошо, а два — лучше». А почему лучше? Да потому, что два ума, два интеллекта объединяют свои усилия в решении поставленной задачи. Дополняя друг друга, они образуют коллектив, интеллектуально более сильный, чем каждый индивидуум в отдельности. Той же

---

* Подробнее см. *Л. А. Арцимович*. Элементарная физика плазмы. М., 1969; *В. И. Кузнецов*. Сокровищница XXI века. М., 1972.

цели — усилению интеллекта — служат, в частности, и такие общеизвестные мероприятия, как общие собрания, научные конференции и съезды. Вообще, чем бо́льшее количество ученых принимает участие в решении какой-либо сложной задачи, тем больше шансов, что она будет решена.

Коллектив всех ученых планеты, максимально возможное объединение «умов», образует то, что в житейском обиходе обычно именуют мировой наукой и что считается высшим авторитетом в научных вопросах.

Конечно, термин «мировая наука» несколько неопределенен. Бесспорно, что в решении научных проблем объединение усилий ученых всех стран весьма желательно. Но на пути к такому объединению, к этому глобальному целенаправленному и регулируемому творчеству, лежат немалые трудности. О технических трудностях уже говорилось — это прежде всего несовершенство современной системы информации, заставляющей иногда вторично открывать уже открытое, вести без нужды параллельные исследования, затрачивая впустую силы и средства. Координация усилий «мировой науки» еще так плоха, что человечество в познании мира идет пока темпами, несравненно более медленными, чем те, какими могло бы идти. Но главное, объединению ученых мешают классовые, политические и экономические противоречия, присущие эпохе перехода от капитализма к коммунизму. Мир разделен на две социальные системы, идеологический компромисс между которыми невозможен. С другой стороны, неравномерность развития разных стран, различный уровень науки и техники в этих странах подчас препятствуют эффективному сотрудничеству между ними. Можно было бы, конечно, назвать и иные причины, мешающие осуществлению ноосферы. Но марксизм-ленинизм оценивает современную обстановку в мире с позиций исторического оптимизма. Это означает, что коммунизм, как наиболее совершенная общественная формация, есть неизбежное будущее всего человечества. В естественнонаучном плане это будет означать превращение биосферы в ноосферу. В чем же тогда конкретно воплотится эта новая оболочка Земли, эта «сфера разума»?

Как отмечает Г. Н. Волков в книге «Социология науки», «трем историческим этапам в развитии техники: инструментализация, механизация, автоматизация — соответствуют три основных технологических способа производства, базирующихся на: 1) ручном труде, 2) машинном труде, 3) творческом труде (научно-техническое и художественное

творчество)» *. Наш век — это век автоматизации, хотя примитивные автоматы были изобретены еще древними. Автоматы встречаются во всех областях современной техники, они пронизывают все производство **. И, что очень важно, непрерывно совершенствуется автоматизация умственного труда. Это суть научно-технической революции, и в этом совершающемся на наших глазах процессе можно рассмотреть зачатки того механизма ноосферы, о котором сейчас пойдет речь.

Хочу подчеркнуть, что в дальнейшем изложении я буду опираться на идеи, высказанные Ю. М. Шейниным в книге «Интегральный интеллект» ***.

Но вернемся к автоматам, в особенности к тем, которые уже давно получили наименование «умных машин». Они действительно способны делать многое из того, что делает и человек, а в ряде случаев несравнимо превосходят его по быстроте операций и другим качествам. Более того, сейчас трудно представить себе такое, что бы не могли в принципе сделать автоматы. Особый интерес в будущем представят самоорганизующиеся автоматы, подражающие в этом отношении живым существам. Словом, успехи и особенно принципиальные возможности автоматики весьма велики.

Литература по этой теме огромна ****. Для интересующей нас проблемы важно, что в рамках той идеальной регуляции, которая станет в будущем присуща ноосфере, возможно лишь разумное сотрудничество человека и машин — «искусственных интеллектов». «Разумное» именно в смысле регуляции их поведения, препятствующей выходу машин за поставленные человеком границы. «Бунт машин» и тем более насильственная смена человеческой цивилизации машинной есть в сущности фантастическая проекция в будущее некоторых отрицательных свойств современного капиталистического общества. Важно другое и гораздо более очевидное.

Автоматы, в особенности ЭВМ, бесспорно, уже сегодня являются мощными усилителями человеческого интеллекта. Если к общим усилиям человеческих умов присоединить объединенные действия ЭВМ, то, очевидно, будет создана

---

* *Г. Н. Волков.* Социология науки. М., 1968, стр. 71.

** Подробнее см. *Г. С. Гудожник.* Научно-технический прогресс. М., 1970.

*** См. *Ю. М. Шейнин.* Интегральный интеллект. М., 1970.

**** См., например, «Кибернетика ожидаемая и кибернетика неожиданная». М., 1968; *Ю. Антомонов, В. Харламов.* Кибернетика и жизнь. М., 1968; *В. Пекелис.* Кибернетическая смесь. М., 1973.

система, несравнимо превосходящая по своим способностям отдельные свои элементы. Такая система в эпоху коммунизма будет знаменовать новый, высший этап развития материального мира Земли, то, к чему ведет эволюция и природы и общества.

«Развитие основного капитала,— писал К. Маркс,— является показателем того, до какой степени всеобщее общественное знание [Wissen, Knowledge] превратилось *в непосредственную производительную силу*, и отсюда — показателем того, до какой степени условия самого общественного жизненного процесса подчинены контролю всеобщего интеллекта и преобразованы в соответствии с ним» *.

В коммунистическом обществе создание единой системы управления в рамках всей планеты может рассматриваться как конкретное воплощение одного из важнейших идеалов коммунизма.

Замечательно, что план ГОЭЛРО, разработанный по инициативе и под руководством В. И. Ленина, и его реализация в виде всесоюзной энергосистемы есть прообраз будущей единой автоматизированной системы управления. Хотя всесоюзную энергосистему будут питать электростанции самого разного типа и мощности, это не нарушит ее единства. Получая от каждой станции «по способностям», энергия в централизованном порядке обеспечит своих абонентов «по потребностям». Подобную картину явит собою и «Интегральный Интеллект», в котором будут объединены самые разнородные системы, дающие информацию в «общий котел» по способностям и получающие из него информацию по потребностям.

Не следует думать, что «Интегральный Интеллект» — нечто совершенно фантастическое. Наоборот, зачатки его действуют уже сегодня. Это вычислительные центры и другие объединения по получению, хранению и обработке информации. Широкое распространение информационных «банков» станет еще одним, очень крупным шагом по созданию «Интегрального Интеллекта». Если коммуникации и средства сообщения мы рассматривали как аналог кровеносной системы, а средства связи как подобие нервной системы человека, то «Интегральный Интеллект» можно уподобить мозгу человечества. На деле этот «Интегральный Интеллект» будет представлять собой систему узловых (по группам предприятий, научных и иных учреждений) вычислительных центров,

---

* *К. Маркс* и *Ф. Энгельс*. Соч., т. 46, ч. II. М., 1969, стр. 215.

связанных между собой по отраслевым или тематическим признакам отраслевыми вычислительными центрами, в которые поступает и в которых должна храниться информация от каждого абонента данной системы. Отраслевые центры в свою очередь будут связаны в группы по общим признакам, а также с одним или несколькими главными центрами. Таким образом, любой человек в любое время сможет получать необходимую ему информацию и использовать эту информацию для постановки новых задач любому из звеньев этой системы.

Информационные системы должны быть дополнены автоматическими системами, способными рассчитать и выполнить в чертежах оптимальные элементы конструкций или иные задачи.

Таким образом, единая автоматическая система управления освободит человека от сейчас уже трудной задачи отыскания в море информации нужных данных, от чисто технической, занимающей много времени вычислительной работы и множества других творчески бесплодных обязанностей и освободит время для творческого труда. В то же время основную, определяющую роль в системе будет играть человек, а не какой-то всеобъемлющий сверхмозг, как еще недавно любили прогнозировать многие идеологи и футурологи Запада.

Ныне трудно встретить людей равнодушных к науке. То, что наука становится производительной силой общества и каждому видны ее реальные плоды, вызывает всеобщий интерес к науке, желание участвовать в ней своим посильным трудом. В будущем автоматы позволят любому обитателю Земли взять от науки все, что ему нужно, а взамен вложить в общую сокровищницу знаний все, что он может дать.

Систему «Интегрального Интеллекта» сможет использовать каждый. А это означает подлинную и всеобщую демократизацию науки, участие в научном творчестве всех членов общества — еще одна характерная черта коммунизма. Какие поистине фантастические возможности откроются тогда перед любым членом общества!

«Интегральный Интеллект» будет контролировать все системы обмена веществом и энергией внутри человеческого общества (транспорт, электросеть и т. п.). Но на некоторой, весьма высокой стадии развития человечества достаточо, вероятно, будет передавать только информацию, которая позволит «на месте» создать то, что раньше требовало про-

странственного перемещения. Это касается и вещей и энергии.

«Умные машины» необязательно создавать на полупроводниках и других знакомых нам сугубо «технических» элементах. Вполне мыслимо создание химических счетно-решающих устройств, некоторые предполагают возможность включения в систему «умной машины» биологических элементов. Последнее, по мнению автора, особенно вероятно, так как биологическая кибернетика, или бионика,— важнейшее направление в современной технике.

Характернейшая черта эволюции органического мира Земли — новое не отрицает полностью старое, а включает в себя все ценное, что было получено ранее, весь ценный предшествующий опыт эволюции. Так и ноосфера впитает в себя все лучшее, жизненно стойкое и необходимое из всего того, что подготовило ее возникновение.

Как Единая Информационная Система будущего, она обеспечит устойчивое равновесие (гомеостаз) в отношениях между людьми, между людьми и машинами, между людьми и природой.

Когда же «Интегральный Интеллект» станет реальностью? Вопрос поставлен неправильно. Элементы «Интегрального Интеллекта» — еще раз это подчеркнем — действуют уже сегодня. Его формирование идет на наших глазах, и мы сами участвуем в этом созидательном процессе.

Как механизм ноосферы «Интегральный Интеллект» образует открытую систему, способную к неограниченному совершенствованию и пространственному расширению.

ОСВОЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Главный процесс, совершающийся в ноосфере,— неуклонное, все ускоряющееся накопление информации. Именно информация уже сегодня осознается человечеством как самое большое богатство, ему принадлежащее, как основной, непрерывно наращиваемый его капитал.

Количество информации характеризует степень разнообразия данного объекта, уровень его организации. Разумно воздействуя на окружающую его природу, человек создает «вторую», искусственную природу, отличающуюся большей упорядоченностью, а стало быть, и большим количеством информации, чем естественная среда. Накопление такой производственной информации в ноосфере есть резуль-

тат производственной деятельности человека, результат взаимодействия природы и общества.

Но общество способно накапливать информацию не только в средствах и продуктах труда, но и в системе научного знания. Познавая мир, человек обогащает себя и ноосферу научной информацией. Значит, источником накопления информации в ноосфере служит преобразовательная и познавательная активность человека.

«Основной процесс накопления информации в ноосфере,— говорит доктор философских наук А. Д. Урсул,— связан с ассимиляцией разнообразия за счет внешней, окружающей общество природы, в результате чего объем и масса ноосферы могут возрастать неограниченно» *.

Расширение ноосферы в космос в настоящее время выражается в получении научной информации о космосе с помощью космонавтов и автоматов. Нет, однако, сомнений, что со временем возникнет и космическое производство, то есть практическое освоение небесных тел, переделка ближнего, а может быть, и дальнего космоса по воле человека. Тогда из космоса будет поступать и производственная информация, первые зачатки которой в сущности уже существуют (например, разведка лунных недр, изучение лунного грунта). Ближний космос со временем станет местом обитания и трудовой деятельности человека. Ноосфера охватит сначала ближайшие к Земле небесные тела, а затем, быть может, и всю Солнечную систему. Как это произойдет? Каковы ближние и дальние перспективы освоения космоса? **

Уже сегодня около Земли обращаются тысячи спутников. На околоземных орбитах начали действовать долговременные орбитальные станции со сменным персоналом. В будущем некоторые из них, вероятно, возьмут на себя функции заправочных станций для межпланетных пилотируемых ракет. Станет возможной и сборка космических кораблей на околоземных орбитах из блоков, предварительно доставленных в район «строительства». Семейство спутников разных типов и назначений обеспечит человечество постоянной научной информацией о событиях в космосе и на Земле.

Уже два небесных тела (Луна и Марс) обзавелись на наших глазах своими искусственными спутниками. Создание

---

* *А. Д. Урсул.* Информационный аспект взаимодействия общества и природы.— Сб. «Природа и общество». М., 1968, стр. 297.

** Подробнее см. *Г. П. Катыс.* Информационные системы исследовательских аппаратов. М., 1971.

таких спутников, по-видимому, неизбежный этап в освоении планет (наряду с предварительной посылкой зондов в окрестности изучаемого небесного тела и на его поверхность). Есть все основания думать, что эта последовательность сохранится и в будущем, так что к концу века, возможно, за большинством планет станут следить зоркие глаза их искусственных спутников.

Луноходы и марсоходы (и вообще планетоходы) наряду с автоматическими неподвижными станциями, мягко севшими на поверхность изучаемых небесных тел, станут третьей очередью автоматов (после «пролетных» зондов и зондов с жесткой посадкой), изучающих соседние миры. Несомненно, что их совершенствование приведет к появлению таких космических автоматов, которые смогут выполнить почти любую задачу в космосе, в частности взлет с планет и возвращение на Землю (для Луны это уже сделано). На таком пути нет принципиально неразрешимых трудностей, но есть огромные технические проблемы, главная из которых, пожалуй, заключается в создании компактных, легких и в то же время эффективных тяговых систем.

Достоинства космических автоматов очевидны. Они не столь чувствительны к суровой космической среде, как человек, и их использование не грозит человеческими жертвами. Межпланетные автоматические станции гораздо легче пилотируемых космических кораблей, а это дает экономические выгоды при запуске. Хотя есть и другие преимущества автоматов перед человеком, все же освоение Солнечной системы осуществится, разумеется, не только автоматами, но и людьми. И здесь можно найти немало аналогий из земного опыта.

Разведка Антарктиды началась с плаваний около ее берегов. За ними последовали кратковременные высадки на берег и экспедиции внутрь материка вплоть до Южного полюса. Наконец, на наших глазах в Антарктиде обосновались постоянные научные станции (со сменным персоналом). Возможно, что со временем начнется планомерное заселение Антарктиды, сопровождающееся изменением ее природы в сторону, благоприятную для человека.

Луна намного суровее Антарктиды. Но хотя ее отделяют от Земли более трети миллиона километров, она начала осваиваться гораздо более быстрыми темпами, чем самый южный земной материк.

Сначала (с 1959 года) космические зонды пролетали вблизи Луны. Затем вокруг Луны появились первые искус-

ственные спутники. За ними последовали жесткие прилунения. Наконец, космические автоматы мягко опустились на лунную поверхность, предварив этой разведкой соседнего мира первые лунные экспедиции. Что будет дальше, предусмотреть нетрудно. После серии новых экспедиций луноходов и космонавтов, которые соберут достаточно обстоятельную информацию о соседнем мире, на Луне, вероятно, возникнут сначала временные, а затем постоянные научные станции. Следующий же шаг в освоении Луны выразится, вероятно, в ее постепенном заселении, в создании на ее поверхности постоянных энергетических установок, в развитии лунной индустрии, в широком использовании местных ресурсов вещества и энергии.

Есть два пути приспособления человека к враждебным ему условиям космической среды. В кабинах космических кораблей системы жизнеобеспечения создают миниатюрный «филиал Земли», земной комфорт. В микромасштабе ту же функцию выполняют скафандры. На первых стадиях освоения Луны и других небесных тел эта методика и впредь останется единственно возможной. Но, «закрепившись» на Луне, построив первые лунные жилища, по характеру системы жизнеобеспечения напоминающие кабины космических кораблей, человечество, возможно, приступит к реорганизации самой Луны, к искусственному созданию на ней в глобальном масштабе обстановки, пригодной для обитания. Иначе говоря, не пассивное приспособление к внешней враждебной космической среде, а ее изменение в сторону, благоприятную человеку, активная переделка внешней среды в «земноподобном» духе — вот второй путь, обеспечивающий возможность расселения человечества в космосе.

Конечно, второй путь труднее первого. В некоторых случаях он неосуществим или, выразимся осторожнее, кажется неосуществимым в рамках известной нам техники. Так, например, создание вокруг Луны постоянной атмосферы за счет газов, полученных искусственно из лунных пород, представляется проектом нереальным, фантастическим главным образом из-за слабости лунной гравитации. Тяжесть на лунной поверхности в шесть раз меньше земной, и искусственная лунная атмосфера должна быстро улетучиться. Но тот же проект для Марса принципиально вполне осуществим, и можно думать, что когда-нибудь усилия человечества превратят Марс во вторую маленькую Землю.

Из всех планет Солнечной системы Марс, вероятно, первым подвергнется «колонизации». Как ни суров его луно-

подобный облик, неожиданно для астрономов раскрытый средствами космонавтики, все же по совокупности признаков Марс наиболее близок к Земле. Пилотируемые полеты к Марсу проектируются на 80-е годы текущего века, а высадка первой экспедиции на Марсе — до 2000 года. Однако уже сейчас Марс обзавелся искусственными спутниками и на его поверхность мягко опустились советские автоматические станции.

Это случилось всего несколько лет спустя после достижения аналогичного этапа в изучении Луны, несмотря на то что даже при наибольшем сближении с Землей Марс почти в полторы сотни раз дальше Луны,— факт многозначительный, снова иллюстрирующий необычайно бурный прогресс космонавтики.

Если бы мы располагали двигателем, который на протяжении всего полета к Марсу давал бы космическому кораблю ускорение, равное 9,8 м/сек^2, то до Марса можно было бы добраться всего за неделю. Сейчас не видно даже подхода к техническому решению такой задачи, но можно ли утверждать, что в будущем средства межпланетных сообщений останутся такими же, как и сегодня?

Впрочем, если речь идет о Марсе, то и при современном уровне техники его освоение вполне возможно. Вероятно, заселению Марса будут предшествовать те же стадии, что и заселению Луны. Но этот далекий мир мы знаем гораздо хуже соседнего небесного тела, и нас на Марсе наверняка ждут неожиданности. По этой причине (а также из-за удаленности Марса) его разведка, вероятно, растянется на бóльшие сроки, чем разведка Луны.

Последние данные о Венере не располагают нас ни к ее посещению, ни тем более к ее заселению. Давление в 100 атмосфер при температуре в 500° — вот что характерно для поверхности Венеры. Прибавьте к этому постоянную плотную пелену облаков, создающую на поверхности планеты даже в полдень полумрак, ветры в удушающей атмосфере из углекислого газа, вероятно, полное отсутствие воды и, наконец, возможно, мощнейшие вулканические извержения — такова обстановка на Венере, по сравнению с которой фантастические картины ада иллюстрируют бедность человеческого воображения.

Конечно, исследования Венеры будут продолжаться, в частности и зондирования ее поверхности. Но об экспедиции на Венеру, по крайней мере в обозримом будущем, не может быть и речи.

Крайние планеты Солнечной системы Меркурий и Плутон наглядно демонстрируют собою крайности в физической обстановке на планетах. На дневной стороне Меркурия температура в полдень может подниматься до 510° С. Температура на плохо изученном Плутоне, по-видимому, всегда близка к абсолютному нулю. Обе планеты значительно уступают в размерах Земле. Для наблюдателя, находящегося на Меркурии, Солнце выглядит по диаметру в 2,5 раза больше, чем с Земли. На небе Плутона Солнце лишь ярчайшая звезда, правда в 50 раз сильнее освещающая Плутон, чем Луна Землю в полнолуние.

Обе планеты, несомненно, подвергнутся изучению с помощью автоматов в сравнительно недалеком будущем. Они окажутся удобными объектами для функционирования на их поверхности долговременных автоматических научных станций. Что же касается экспедиций на Меркурий и Плутон, то если они и состоятся, то скорее всего лишь в отдаленном будущем: слишком непривычна и враждебна для земных существ обстановка на этих планетах и вряд ли когда-нибудь они будут заселены человеком.

Еще более непригодны для этой цели (а лучше сказать, совсем непригодны) планеты-гиганты Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун. В основном они состоят из водорода (в свободном состоянии и в соединениях с азотом и углеродом). Возможно, что у них вовсе нет твердых поверхностей в земном понимании этого слова, то есть они целиком газообразны, хотя в недрах планет-гигантов плотности газов могут быть очень большими. Эти тела по своей физической природе занимают промежуточное положение между звездами и планетами земного типа. До звезд они несколько «недотянули» по массе, и потому в их недрах недостаточно жарко для возникновения протон-протонного цикла. От планет земного типа их отличает обилие легких элементов при крайне малой доле тяжелых. Атмосферы их, состоящие из водорода, метана и аммиака, обладают огромной глубиной, а большая масса планет-гигантов обусловливает колоссальное давление в глубине их атмосфер.

Зондирование планет-гигантов пролетными космическими автоматами уже началось (полеты аппаратов «Пионер-10» и «Пионер-11»). При некотором благоприятном расположении планет-гигантов возможно послать зонд, который в сравнительно короткий срок (порядка девяти лет) сможет облететь все планеты-гиганты, тогда как обычный полет к одному Нептуну занял бы около 30 лет. Секрет этого

проекта, получившего наименование межпланетного бильярда, заключается в том, что зонд разгоняется в окрестностях планет-гигантов их гравитационным полем. Каждая из планет выступает в роли ускорителя, что существенно уменьшает сроки полета. Ближайшая благоприятная ситуация возникнет в конце 70-х годов текущего века.

Вполне, конечно, реальны и посылки автоматических зондов в атмосферы этих планет, и создание вокруг них (как и вокруг Венеры, Меркурия и Плутона) искусственных спутников. Вместо физически невозможного заселения планет-гигантов человечество, быть может, использует эти тела как практически неисчерпаемые резервы топлива для будущих термоядерных реакторов.

Главные из естественных спутников планет-гигантов по размерам сравнимы с Меркурием и даже с Марсом. Некоторые из них окружены атмосферой, состоящей из метана и углекислого газа. Они более сходны с Землей, чем их планеты, и не исключено, что освоение этих тел пойдет по тому же пути, что и освоение Луны и Марса. Организация научных станций и топливозаправочных баз на спутниках Юпитера и Сатурна, быть может, станет необходимым при освоении окраин Солнечной системы. В принципе все спутники планет доступны не только автоматам, но и космонавтам.

Малые планеты (астероиды) и кометы, вероятно, не будут обойдены человечеством. На крупнейшие астероиды и спутники планет возможна посадка и людей и автоматов. Меньшие же тела могут представить интерес как источники топлива для космических ракет (ядра комет состоят из замерзших льдов воды, метана и аммиака) или как ресурсы полезных ископаемых (астероиды). Вполне возможно, что будущее поставит перед человечеством и такие задачи, о которых мы не имеем ни малейшего представления.

Освоение Солнечной системы — это не только полеты на планеты и их спутники, а также заселение некоторых из них людьми и автоматами. Это прежде всего переделка нашей Земли по вкусу и требованиям человечества. Не все нравится нам в нашей «космической колыбели». Пока человечество находилось в «младенческом» состоянии, с этим приходилось мириться. Но сейчас человечество настолько «повзрослело», что не только вышло из своей «колыбели», но и почувствовало в себе силы заняться коренной переделкой собственной планеты.

Нет недостатка в проектах искусственного изменения климата. Так, например, предлагается перегородить пло-

тиной Берингов пролив и перекачивать атомными насосами теплую воду Тихого океана в Ледовитый океан. Есть немало проектов изменения направления Гольфстрима, в частности использование его для отепления североамериканского побережья. Ведутся изыскательские работы по претворению в жизнь проектов поворота на юг крупнейших рек Сибири и обводнения с их помощью засушливых районов Казахстана. Есть аналогичные проекты «оживления» Сахары и других пустынных районов Земли. Все эти проекты объединяет один недостаток — в них слабо учитываются последствия реализации каждого проекта, между тем как они могут оказаться катастрофическими (например, поворот Гольфстрима к побережью Северной Америки вызовет оледенение Европы). Теми же пороками страдают и проекты обширных водохранилищ, новых каналов и вообще всяких крупных искусственных изменений в физической природе Земли, в том числе искусственного уменьшения облачности или обильного дождевания.

Нет сомнений, что человек переделает Землю по-своему. Но этой переделке должно предшествовать тщательное научно обоснованное прогнозирование последствий вмешательства человека в установившееся равновесие природных явлений.

Не умея пока что переделать собственную планету, человечество тем не менее обсуждает радикальные проекты переделки всей Солнечной системы. Нашу самоуверенность можно, пожалуй, оправдать тем, что реализация этих проектов — дело далекого будущего, дело неимоверно трудное, к которому надо готовиться загодя.

В астрономии по традиции принято называть планеты небесными землями. Условность этого термина ныне очевидна: даже в нашей Солнечной системе, строго говоря, ни одна планета не похожа на Землю. Переделка Солнечной системы, очевидно, в качестве главной цели будет преследовать исправление этого «недостатка природы». Говоря яснее, человечество, вероятно, построит вокруг Солнца искусственные, годные для жизни сооружения, максимально использующие запасы вещества планет и животворящую энергию Солнца.

Истоки этой идеи мы находим у К. Э. Циолковского в его проекте создания искусственных планет земного типа или гораздо меньших «космических оранжерей». С точки зрения чисто количественной запаса вещества в одних планетах-гигантах вполне хватило бы на изготовление нескольких

сот «искусственных земель» или нескольких сот тысяч «космических оранжерей». В принципе можно было бы перевести все их на более близкие к Солнцу орбиты. Беда в том, что качественно планеты-гиганты для этой цели неподходящи: нельзя же строить «искусственные земли» из водорода или других газов (если, конечно, не предварить это строительство термоядерным синтезом тяжелых элементов).

Некоторые авторы (И. Б. Бестужев-Лада и независимо от него Ф. Дайсон) предложили окружить Солнце исполинской искусственной сферой, на внутренней поверхности которой разместить весьма многочисленное к тому времени человечество. Такая сфера полностью улавливала бы излучение Солнца, и эта энергия стала бы одной из основных энергетических баз бывших землян («бывших» потому, что на постройку такой сферы придется, быть может, израсходовать вещество всех планет, в том числе и Земли). Несколько лет назад было показано, что сфера Дайсона динамически неустойчива, а значит, и непригодна для обитания.

В некоторых проектах предлагается, не покидая нашу «колыбель» и не «стирая ее в порошок», наращивать Землю извне за счет вещества других планет. Очевидно, при таком наращивании все новых и новых этажей прогрессивно будет возрастать сила тяжести, что сильно затруднит не только строительство «новой Земли», но и обитание на ней чрезмерно «отяжелевших» людей.

В проектах профессора Г. И. Покровского * взамен «сферы Дайсона» предлагаются устойчивые твердые динамические конструкции, которые, быть может, будут созданы вокруг Солнца из вещества планет.

Во всех этих проектах, кажущихся совершенно фантастическими, безусловно, верна основная идея: освоение Солнечной системы человечеством завершится лишь тогда, когда оно полностью и наиболее удобным для себя образом использует вещество и энергию этой системы. Тогда ноосфера займет, вероятно, все околосолнечное пространство.

РАЗУМ И ВСЕЛЕННАЯ

В одном из творений К. Э. Циолковского встречается такое утверждение: «Все фазы развития живых существ можно видеть на разных планетах. Чем было человечество

* См. *Г. И. Покровский*. Архитектура в Космосе.— Сб. «Населенный Космос». М., 1972, стр. 345—352.

несколько тысяч лет тому назад и чем оно будет по истечении многих миллионов лет — все можно отыскать в планетном мире» *.

Когда К. Э. Циолковский писал эти строки, конкретные знания о планетах Солнечной системы были еще очень скудны и с легкой руки К. Фламмариона считалось, что чуть ли не каждая планета населена разумными существами, более или менее сходными с людьми. О планетных системах других звезд в ту пору ничего не знали, и лишь интуиция подсказывала чисто умозрительный вывод об их существовании.

Современная астрономия и особенно успехи космонавтики последних лет разочаровали тех, кто в планетах Солнечной системы хотел видеть обитаемые небесные Земли. Снимки Марса, добытые космическими аппаратами, показали его лунный облик и полное отсутствие каких-либо глобальных по масштабам следов деятельности гипотетической марсианской цивилизации. Хотя пресловутый вопрос о жизни на Марсе пока не снят, несомненно, что ни на этой, ни тем более на других планетах Солнечной системы встретить себе подобных существ нам не удастся. Увидеть «живое будущее» человечества и Земли в пределах Солнечной системы, увы, невозможно. Судя по всему, здесь мы— высший «цвет материи».

Вокруг некоторых звезд обнаружены невидимые планетоподобные спутники, в отдельных случаях сравнимые по массе с крупнейшими планетами Солнечной системы. Это доказывает универсальность планетных систем, общее количество которых в нашей Галактике может измеряться миллиардами. Если лишь десятая их часть пригодна для жизни и эта жизнь в ходе эволюции породила мыслящие существа, количество внеземных цивилизаций в Галактике должно измеряться сотнями миллионов. Даже при самых пессимистических подсчетах, их, по-видимому, не меньше нескольких сот тысяч, и вполне вероятно, что половина из них находится на уровне развития более высоком, чем человечество.

На примере земной цивилизации видно, что темпы развития обществ разумных существ могут быть очень высокими. Значит, внеземные цивилизации, обогнавшие нас на сотни и тысячи лет (не говоря уже о бо́льших сроках), должны по уровню развития намного превосходить человечество. Следовательно, если бы нам удалось вступить в обще-

---

* Цит. по: *И. С. Шкловский*. Вселенная, жизнь, разум. М., 1973, стр. 9.

ние с такими внеземными цивилизациями, мы бы, вероятно, на их примере увидели, что в будущем ждет человечество и Землю. Как же вступить в контакт с инопланетянами?

Этой теме посвящено много книг *, что избавляет нас от подробного обсуждения проблемы. Отметим лишь главное, связанное с будущим Земли и человечества.

Допустим, что хотя бы некоторые из внеземных цивилизаций по характеру эволюции напоминают человечество. Как и мы, они действуют по принципу «как можно больше и быстрее», то есть в ходе своего развития вовлекают в круговорот своей ноосферы все бо́льшее и бо́льшее количество вещества, энергии и информации. Как уже говорилось, в принципе человечество могло бы овладеть веществом и энергией всей Солнечной системы за сотни лет, а всей Галактики — за тысячи лет. Заметим, что в последнем случае непреодолимым барьером (по нашим теперешним представлениям) будет «предельность» скорости света, превысить которую невозможно. Так как луч света преодолевает поперечник Галактики за 100 тыс. лет, то, очевидно, ни одна цивилизация не смогла бы овладеть Галактикой за меньший срок. Практически же освоение звездных систем, вероятно, растянется по меньшей мере на миллионы лет (если только не существуют все-таки какие-то неизвестные нам способы перемещения со сверхсветовыми скоростями).

Назовем вслед за доктором физико-математических наук Н. С. Кардашевым цивилизациями I типа такие внеземные цивилизации, которые по уровню технического развития сравнимы с человечеством, то есть ежесекундно потребляют энергию в количестве 10^{20} эрг. К цивилизациям II типа отнесем те, которые полностью овладели энергией своей звезды и своей планетной системы, то есть потребляют энергию примерно в количестве $4 \cdot 10^{33}$ эрг в секунду. Наконец, цивилизации III, наивысшего типа — это те, которые овладели энергетическими ресурсами в масштабе всей своей Галактики, что соответствует энергопотреблению примерно в $4 \cdot 10^{44}$ эрг в секунду.

Используя энергию, цивилизация из-за опасности перегрева не может беспредельно накапливать ее, так сказать, внутри себя, то есть в ограниченной области пространства. Значит, на некоторой, достаточно высокой стадии развития

* См., например, сб. «Населенный Космос». М., 1972; сб. «Внеземные цивилизации». М., 1969; *И. С. Шкловский*. Вселенная, жизнь, разум. М., 1973; *Н. Т. Петрович*. Кто вы? М., 1970; *Ф. Ю. Зигель*. Жизнь в Космосе. М., 1966.

энергетики каждая внеземная цивилизация неизбежно станет излучать энергию во внешнее пространство. Часть этой энергии, например, в диапазоне радиоволн целесообразно закодировать и использовать для связи с другими цивилизациями. По мнению Н. С. Кардашева, кодированное излучение внеземных цивилизаций должно обладать по меньшей мере следующими признаками:

1. Оно будет изотропным, всенаправленным, так как только при таком «вещании на всех» есть шансы найти абонента, жаждущего общения.

2. Радиосвязь разумно вести на сантиметровом и дециметровом диапазоне, для которого помехи от естественных радиошумов минимальны.

3. Радиоизлучение должно изменяться во времени, так как именно в таких колебаниях радиоизлучения и может быть выражен разумный сигнал.

4. Для передачи возможно большей информации сигнал должен быть широкополосным, сходным с шумовым, то есть передача должна вестись в пределах выбранного диапазона сразу на всех длинах волн.

5. Сигналы внеземных цивилизаций должны обладать и какими-то дополнительными признаками своей искусственности (например, круговой поляризацией, препятствующей искажению информации).

Учитывая мощность современных радиотелескопов, Н. С. Кардашев подсчитал, что, если бы в нашей Галактике существовала всего одна цивилизация II типа или во всей наблюдаемой части Вселенной — одна цивилизация III типа, их передача могла бы быть уловлена на Земле.

Все эти соображения были впервые высказаны Н. С. Кардашевым в 1962 году, еще до открытия квазаров, источников мистериума, и пульсаров — космических объектов, удовлетворяющих всем сформулированным выше «критериям искусственности». Все они — источники переменного во времени и изотропного радиоизлучения, причем, например, у квазаров радиоспектры (то есть кривая, показывающая распределение интенсивности радиоизлучения в зависимости от длины волны) оказались в точности такими, которые соответствуют наибольшей информативности искусственных передач. Добавим к этому и поляризацию излучения, обнаруженную у всех перечисленных выше объектов, общее число которых уже сегодня измеряется сотнями.

Значит ли это, что открыты сотни сигнализирующих нам внеземных цивилизаций, или «критерии искусственности»

оказались настолько слабыми, что под них подошли и вполне естественные объекты?

В начале этой книги мы уже познакомились с квазарами — самыми массивными и яркими из всех известных объектов Вселенной. Их природа до сих пор во многом загадочна, и прежде всего непонятен механизм излучения этих объектов.

«Слишком смело было бы утверждать,— говорит Н. С. Кардашев,— что квазары или некоторые радиогалактики являются генераторами энергии искусственного происхождения. Однако нам кажется, что такая гипотеза заслуживает внимания. Пока наблюдениями установлено, что квазары являются наиболее мощными и в то же время наиболее компактными генераторами энергии среди всех известных астрофизических объектов (ядро квазара имеет размеры меньше размеров Солнечной системы и в то же время дает излучение более мощное, чем тысяча галактик!). Проведение обзоров в неосвоенных электромагнитных диапазонах покажет, существуют ли еще более мощные источники. Исследование наиболее мощных объектов позволяет установить верхнюю возможную границу энергетики цивилизации» *.

Так называемые источники мистериума — это загадочные объекты, расположенные в некоторых газовых туманностях и аномально сильно излучающие радиоволны с длиной волны около 18 см (точнее, в линиях излучения молекулы гидроксила OH). Излучение это переменно, и его удается объяснить лишь предположением, что в данном случае радиоволны излучают мазеры — квантовые генераторы электромагнитных колебаний!

В современной технике широкое применение получили лазеры — искусственные квантовые генераторы мощных «игольчатых» лучей. Мазер — это в сущности тот же лазер, но действующий не в оптической части спектра, а в невидимом глазом радиодиапазоне. Так что же, космические мазеры газовых туманностей — создание внеземных цивилизаций?

С положительным ответом на этот вопрос надо повременить: еще не все способы естественного объяснения «источников мистериума» исчерпаны. Правда, и полной ясности в понимании природы этих объектов пока нет.

Пульсары, открытые случайно в 1967 году, настолько поначалу напоминали по всем признакам внеземные циви-

* Сб. «Внеземные цивилизации», стр. 71.

лизации, что первооткрыватели нашли в себе мужество полгода хранить тайну открытия, чтобы не вызвать сенсационной паники. Сейчас наиболее вероятной признана гипотеза, считающая пульсары сверхплотными, быстро вращающимися нейтронными звездами. Правда, и здесь полной ясности нет, но все же «нейтронная» гипотеза неплохо объясняет большинство фактов *.

Итог любопытен: открыты сотни загадочных объектов, удовлетворяющих всем заранее сформулированным «критериям искусственности», но ни один из них нельзя с полной уверенностью считать внеземной цивилизацией. Рассмотрим кратко возможное объяснение этой необычной ситуации.

ВАРИАНТ ПЕРВЫЙ

Человечество уникально. Это единственное во всей Вселенной общество разумных существ. Хотя в будущем человеческий разум через ноосферу распространит свое воздействие на громадные объемы пространства и «оразумит», возможно, заметную часть Галактики, он не встретит нигде что-либо на себя похожее. Значит, прогнозы будущего Земли и человечества не могут быть проверены на примере других цивилизаций просто потому, что таких цивилизаций нет.

Подавляющему большинству ученых этот вариант кажется неприемлемым, поощряющим антропоцентризм и геоцентризм. Однако есть и сторонники таких взглядов, даже среди советских ученых.

ВАРИАНТ ВТОРОЙ

Человечество — самая старая, а значит, и самая совершенная цивилизация космоса. Все остальные внеземные цивилизации еще не доросли до технического уровня, позволяющего посылать радиосигналы «собратьям по разуму».

Этот вариант противоречит тому факту, что Солнце — звезда второго поколения. Есть звезды гораздо более старые, чем Солнце, а значит, должны быть и цивилизации, по уровню технического развития обогнавшие человечество **.

---

* См. сб. «Пульсары». М., 1971.

** Если возраст Вселенной, согласно гипотезе Зельдовича, изложенной в первой части этой книги, достигает 10^{10}—$1 \cdot 3 \cdot 10^{10}$ лет, то во всей Вселенной нет цивилизации древнее земной, так как возраст Солнца исчисляется астрофизиками в 10—13 млрд. лет, то есть в этом случае Солнце относится к звез-

ВАРИАНТ ТРЕТИЙ

Все цивилизации погибают, достигнув уровня, примерно соответствующего уровню человечества. Причины гибели могут быть разными, например «ядерное самоубийство», генетическое вырождение, какие-то космические катастрофы и т. д. Значит, все цивилизации погибают, не достигнув технического уровня, необходимого для взаимных контактов.

Этот самый мрачный вариант невероятен прежде всего из-за своей фатальности. Трудно поверить, что все цивилизации кончают свою жизнь самоубийством или что какие-то естественные причины устраняют опять же все цивилизации накануне установления ими контактов с другими обществами разумных существ.

ВАРИАНТ ЧЕТВЕРТЫЙ

«Энергетический» путь развития, характерный для эпохи, переживаемой человечеством, есть лишь временное явление для всех цивилизаций. Осознав трудности этого пути, цивилизации переходят на «нетехнологический» путь эволюции, теряют интерес к космосу и даже не пытаются вступить друг с другом в контакт.

Подчеркнем, что здесь, как и в предыдущих случаях, «нетехнологический» путь развития должен стать общим для всех цивилизаций, что представляется не менее сомнительным, чем достижение полного единообразия в поведении людей. Кроме того, и возможность «нетехнологического» прогресса пока еще не больше чем гипотеза, ничем не подкрепленная.

ВАРИАНТ ПЯТЫЙ

Космос густо заселен высокоразвитыми цивилизациями. Мы видим следы их космической деятельности, принимаем их сигналы, но не понимаем ни того ни другого, а потому на самом деле нечто искусственное считаем хотя и необычным, но вполне естественным. Причина же такого непонимания заключается в несходстве человеческого разума и разума

дам первого поколения. Отсюда земная цивилизация находится на типичном высшем для всех цивилизаций Вселенной уровне. Другое дело, если Вселенная имеет возраст 18—20 млрд. лет, тогда в глубинах Вселенной, но скорее всего окраинных, могут быть более высокоразвитые цивилизации.— *Прим. ред.*

внеземного, по уровню несравнимо превосходящего наш. С этой точки зрения некоторые (если не все) из «подозрительных» космических объектов (квазаров, пульсаров, «источников мистериума» и др.) есть продукты деятельности космических сверхцивилизаций, достигших в ходе энергетического развития таких высот, которыми человечеству, быть может, удастся овладеть лишь в далеком будущем.

Ситуация странная, почти фантастическая. «Живое будущее» Земли и человечества перед нашими глазами, в разных вариантах и стадиях и во множестве экземпляров. Но мы не понимаем того, что видим, и это одна из главных причин, почему до сих пор человечество не вступило в осознанный контакт с внеземными цивилизациями.

Проблема понимания привлекает к себе все большее и большее внимание тех, кто разрабатывает методику поисков внеземных цивилизаций. Может быть, принятые ныне «критерии искусственности» слишком общи и не учитывают сложной специфики внеземного разума. «Без сомнения, нужно продолжать наблюдения, поиски космической сигнализации в надежде, что мы встретим Разум, столь похожий на наш, что мы узнаем его приметы,— пишет С. Лем.— Но это, собственно говоря, только надежда, поскольку Разум, который мы когда-нибудь откроем, может настолько отличаться от наших представлений, что мы и не захотим назвать его Разумом» *.

Ту же мысль по существу высказал несколько ранее и академик АН ЧССР Э. Кольман, писавший, что «приписывать гипотетическим, совершенно непохожим на нас существам какое-то подобие нашей психики (мышление, эмоции, эстетические переживания) столь же мало обосновано, как считать, что, притягиваясь, разноименные электрические заряды испытывают чувство любви» **.

К этому можно добавить, что разная эволюция в разных мирах может привести внеземные цивилизации к разному «видению» мира, к разным описаниям действительности. Отсюда понятны огромные трудности в разработке межпланетного языка и других средств общения с инопланетянами. Если же все-таки когда-нибудь контакт с другими разумными обитателями космоса состоится, то получить от них и усвоить своим сознанием информацию, которой они обладают, будет чрезвычайно трудно. Вероятность же контактов

* *С. Лем.* Сумма технологии. М., 1968, стр. 100.

** Сб. «Кибернетика ожидаемая и кибернетика неожиданная», стр. 69.

с «человекоподобными» цивилизациями (при огромном разнообразии последних) весьма невелика.

В последние годы неожиданно наметился принципиально новый путь, быть может ведущий к решению «проблемы понимания».

В сентябре 1971 года в Бюракане состоялась Первая международная конференция по проблеме связи с внеземными цивилизациями *. На ней обсуждались современное состояние проблемы и возможные пути дальнейших исследований. Общий тон выступлений был оптимистичным, хотя до сих пор не найдено ни одного факта, который бесспорно свидетельствовал бы о реальности внеземных цивилизаций. Проблеме «взаимопонимания» и расшифровки сигналов уделялось особое внимание — именно в этой области нас отягощают антропоморфные представления о внеземном разуме, хотя этот разум и его проявления, что подчеркивалось в выступлениях многих участников конференции, могут быть совсем непохожими на наш.

По мнению И. С. Шкловского, цивилизации II типа — это искусственные разумные системы, состоящие из «умных» машин и «разумных» киборгов. Кратко поясним, что скрывается под этим последним термином.

В прогнозах о будущем ноосферы мы мало говорили об эволюции главного действующего лица — человека. Сохранится ли в будущем современный облик человека, а если изменится, то как? Или, быть может, эволюция коснется лишь человечества в целом, оставив каждого из людей похожим на своих предков?

С точки зрения чисто биологической эволюция человека как вида завершилась или почти завершилась. Но с помощью техники человек в силах изменить свою природу, вносить технические коррективы там, где природа оказалась «не на высоте».

Частичную реконструкцию собственного организма мы уже давно и успешно применяем. Так, например, больные зубы заменяем долговечными протезами. При увечье протезы в какой-то степени могут заменить поврежденные конечности. Техника протезирования быстро совершенствуется в сторону возможно более полной имитации утраченной части тела. Проводят даже опыты по «протезированию» крови, то есть по замене естественной крови некоторыми химическими соединениями (эмульсией фторированного уг-

---

* Подробнее см. «Земля и Вселенная», 1972, № 2, 3, 4.

леводорода и др.). Эксперименты проводятся пока что на животных, но их результаты показывают, что в будущем, быть может, химики и медики совместными усилиями изобретут полноценные заменители крови.

Все чаще применяется пересадка органов, включая сердце. То, что в последнем случае рано или поздно новое сердце отторгается организмом, вызвано, правда, не только несовершенством методики, но и более глубокими причинами («несовместимостью» разных организмов). Удастся ли преодолеть этот «барьер несовместимости», пока неясно.

Эксперименты с пересадкой мозга проводятся пока что только на животных. Примечательно, что лягушка, которой пересадили мозг жабы, по своим повадкам напоминала жабу. Похоже, что с пересадкой мозга «пересаживается» и психика, то есть то, что создает индивидуальность организма. Человек с пересаженным мозгом будет уже другим человеком. Точнее, тот, кому пересадили мозг, погибнет, а тот, у кого взяли мозг, продолжит существование в новом теле.

Если даже когда-нибудь подобные операции начнут практиковать на людях, то, очевидно, их моральная и правовая возможность должна быть тщательно обоснована в каждом отдельном случае.

И все-таки соблазн переделать себя с помощью техники настолько велик, что вряд ли человечество откажется от этой затеи. Характерно, что уже сегодня родилась идея киборга — кибернетического организма, представляющего собою синтез живого и технического.

Инженеры-медики уже давно построили аппарат «искусственное сердце». Есть искусственные легкие, почки и другие электронно-механические протезы важнейших органов человека. Представьте себе, что при некоторых обстоятельствах (например, при автомобильной катастрофе) раздавлено тело человека, но сохранился невредимым мозг. Его пересаживают в специальную питательную среду, подключают к нему искусственное сердце и другие искусственные органы, и получается симбиоз живого мозга и мертвой техники — то, что принято называть киборгом.

Это существо мыслит, живет и даже управляет (посредством биотоков) своим «техническим» телом. При достаточном совершенстве последнего киборг будет двигаться, жестикулировать, говорить — словом внешне выполнять все то же, что и человек. Но (и в этом соль проекта) киборга можно освободить от всяких недостатков человеческого тела,

снабдив его с помощью техники такими достоинствами, которые у человека отсутствуют. Так, например, киборг сможет видеть инфракрасные, ультрафиолетовые лучи и радиоволны, слышать ультразвуки. Увеличив связи киборга с внешним миром, можно сделать и его внутренний мир более богатым, чем у человека. Более того, возможно представить себе устройства, обеспечивающие свободную жизнедеятельность киборга в космической среде или в глубинах океана. С этой точки зрения киборги в гораздо большей степени, чем люди, годились бы для коренной переделки Солнечной системы и жизни в неземных условиях. «Киборги рано или поздно,— пишет И. Акчурин,— станут совершенно независимыми от Земли, этаким автономным космическим человечеством, существами, только изредка посматривающими на далекую голубую планету — свою древнюю прародительницу... Киборги будут практически бессмертны. Ведь нервные клетки составляют совершенно ничтожную долю тех нейронов, которые они получили от рождения. Практически продолжительность жизни людей с искусственным телом будет порядка нескольких тысячелетий, если не более»*.

Гипотезу И. С. Шкловского поддержали и некоторые другие участники конференции. Надо заметить, что идею о высших существах, свободно живущих в космическом пространстве и обладающих совершенным обменом веществом и энергией с внешней средой, впервые высказал в 1929 году К. Э. Циолковский. В статье «Животное космоса» он писал, что «местами, неудобными для жизни низших существ, могут завладеть сознательные, с высшим развитием знания и тех-

---

* Сб. «Кибернетика ожидаемая и кибернетика неожиданная», стр. 305. Концепция киборгов выросла на заблуждении в том, что мозг якобы мыслит сам по себе. Мыслит человек, как таковой, а не отдельный его орган; мозг человека хранит информацию, накопившуюся за миллиарды лет эволюции человеческой линии, информацию, полученную на протяжении жизни человека, от которого взят мозг, о каждой клетке организма, информацию, полученную от других людей и т. д., а в случае радикальной киборгизации от датчиков механического (пусть даже электронно-механического) тела пойдет информация совсем иного типа и качества, которая мозгу будет чужда, и мозг работать не будет — это не ЭВМ, хотя многие пытались провести такое сравнение. С другой стороны, идея киборгизации покоится на шаткой основе. Ведь успешно протезируют органы и части тела, в основе которых есть минерализованные ткани (кости). Заменяют участки сосудов трубками полимерных материалов, эти трубки со временем рассасываются в организме, но за время их существования протезированные участки сосудов регенерируют. Посторонние предметы (металлические осколки и т. д.) организм выбрасывает, если только они не попадают в инертные, соединительные ткани и т. п.— *Прим. ред.*

ники»*. Может быть, хотя бы некоторые из внеземных цивилизаций и на самом деле состоят из киборгов и управляемых ими автоматов?

Еще более экзотическую гипотезу высказал Н. С. Кардашев. Не исключено, как он считает, что в нашем космическом пространстве есть особые области, которые открывают «вход» в другие пространственно-временные миры. Такими «проходами» в иные миры могут быть, по мнению Н. С. Кардашева, «черные дыры» — сжавшиеся до предела массивные неизлучающие тела. В этом случае в принципе возможны путешествия разумных существ из нашей Вселенной в иные миры — возможность, которую Н. С. Кардашев оставляет лишь для разумных существ, образующих наивысшие цивилизации III типа.

Много интересных идей было высказано и другими участниками конференции. Единодушно было решено организовать глобальные поиски сигналов внеземных цивилизаций во всех диапазонах электромагнитного излучения и, разумеется, продолжить теоретические работы по общей теории развития космических цивилизаций и по проблеме взаимопонимания между ними.

Разум и Вселенная... Сознаемся, что пока мы плохо понимаем соотношение этих терминов (или, точнее, того, что они обозначают). Какой именно из рассмотренных выше вариантов, если отбросить явно абсурдные, соответствует действительности, решить пока невозможно. Дальнейшие поиски решения, вероятно, должны сочетать в себе и «космические» и «земные» направления.

Вряд ли человеческий разум уникален. Скорее всего и в космосе есть разные, таинственные пока для нас и несхожие друг с другом «разумы». Мы начали эту книгу с космической предыстории Земли. Попытки представить себе ее будущее снова вернули нас в космос. Нам предстоит подвести итоги, связать начало и конец повествования и попробовать представить себе общую картину мироздания.

История наблюдаемого нами космоса началась, возможно, 13 млрд. лет назад мощнейшим взрывом некоего «первоатома», превратившегося в конце концов в современную замкнутую Вселенную. Можно ли считать, что все сущее ограничивается «нашей» Вселенной?

Вполне мыслимо, что реально существует четырехмерное пространство, в котором «наша Вселенная» — лишь одно

* *К. Э. Циолковский.* Собр. соч., т. IV. М., 1964, стр. 294.

из многих, а может быть, и бесчисленных подобных шарообразных * образований. Мыслима и бесконечная иерархия пространств все более и более высоких измерений, включающих в себя пространства низших измерений **.

Не менее сложен вопрос и о вечности Вселенной. Что было до начала расширения «нашей Вселенной», чем и когда оно окончится? Здесь мы снова вступаем в область, запредельную для нашего, по крайней мере современного, опыта, а значит, вместо достоверных ответов придется довольствоваться гипотезами.

Какое же место в этом сверхсложном мире отведено жизни, человечеству, Земле? Приходится признать, что мы еще далеки от полного решения этой проблемы, от понимания своей роли в мироздании.

Все, что мы знаем о жизни и ее эволюции на Земле, свидетельствует о прогрессивном в целом направлении развития материи в нашем уголке Вселенной. Жизнь вносит порядок в неорганический мир, уменьшает энтропию во все большем и большем объеме пространства. Эта упорядочивающая функция жизни в человечестве и его делах (опять же в целом!) выявляется особенно полно и ярко. Правда, уменьшение энтропии человечеством покупается дорогой ценой — ее увеличением в окружающей среде. Но мы не знаем, каких пределов способна достичь «упорядочивающая» деятельность человечества и других цивилизаций космоса. Не исключено, что разум обладает поистине космической мощью и способен преобразовать по меньшей мере весь наблюдаемый нами космос. Впрочем, здесь мы вступаем в область умозрительных, ни для кого не обязательных догадок.

Бесспорно одно: Земля неразрывно связана с космосом и понять «земное» можно лишь обращаясь к «небесному». Одна из задач, стоящих перед человечеством, заключается в осознании смысла и характера эволюции Земли в современную нам эпоху — эпоху становления ноосферы. А понимание происходящего обязывает всех нас к действиям, отвечающим ноосфере, то есть к созданию всечеловеческого общества, воплощающего идеалы коммунизма.

---

* Снова напомним, что речь идет о четырехмерном шаре.

** Подробнее см. сб. «Бесконечность и Вселенная». М., 1969.

СОДЕРЖАНИЕ

Зигель Ф. Ю.

З-59 Планета Земля (ее прошлое, настоящее, будущее). Отв. ред. Ю. Г. Решетов. М., «Мысль», 1974.

223 с.; 4 л. ил.

В новом научно-популярном произведении «Планета Земля» Ф. Ю. Зигеля, известного читателям по многим книгам, рассказано об эволюции нашей планеты и ее биосферы. В основе рассуждений автора заложено учение академика В. И. Вернадского о ноосфере — новой, «разумной» оболочке Земли, зародившейся в недрах биосферы.

Написанная живо и увлекательно, книга знакомит читателя со многими актуальными и подчас дискуссионными проблемами современного естествознания. Она доступна всем, кто интересуется прошлым, настоящим и будущим Земли и человечества.

$3\ \frac{20601\text{-}148}{004(01)\text{-}74}$ 164-73 **526**

ЗИГЕЛЬ, ФЕЛИКС ЮРЬЕВИЧ

ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ

(ее прошлое, настоящее, будущее)

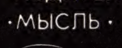
Редактор Г. Е. Матвеева
Младший редактор З. В. Кирьянова
Оформление художника Г. М. Чеховского
Художественный редактор В. А. Масленников
Технический редактор Т. Г. Сергеева
Корректор Т. М. Шпиленко

Сдано в набор 6 февраля 1974 г. Подписано в печать 6 августа 1974 г. Формат $60\times84^1/_{16}$. Бумага типографская № 2. Усл. печатных листов 13,5 с вкл. Учетно-издательских листов 14,21 с вкл. Тираж 60 000 экз. А01873. Заказ № 1076. Цена 70 коп.

Издательство «Мысль». 117071. Москва, В-71, Ленинский проспект, 15

Ордена Трудового Красного Знамени Первая Образцовая типография им. А. А. Жданова Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Москва, М-54, Валовая, 28

70 коп.






Ф.Ю.ЗИГЕЛЬ
ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ